DÉCLARATION D'INTENTION
ET MISE DANS LE DOMAINE PUBLIC

DECLARATION OF INTENT
AND DEDICATION TO THE PUBLIC DOMAIN

CC0 1.0 Universal, Zenodo.org & Archive.org

Version bilingue français-anglais / Bilingual French-English version

EVSE + EMS — Architecture Y-Split · Régulation PWM/PILOT en boucle fermée · 3 capteurs de courant

EVSE + EMS — Y-Split Architecture · Closed Loop PWM/PILOT Regulation · 3 Current Sensors

Arnaldo S. Attallah, P. Eng., M. Sc. (INRS Énergie)
Toronto, Ontario, Canada
Version V1.2, 26 août 2026 / Version V1.2, August 26, 2026

Dédicace

Cette œuvre est dédiée à la mémoire d'Antonio Meucci, ingénieur italo-américain qui conçut, dès les années 1850–1860, un dispositif de transmission électrique de la voix qu'il nomma le « teletrofono », et qui déposa, le 28 décembre 1871, auprès de l'Office des brevets des États-Unis, un caveat décrivant son invention. Réduit à la précarité, Meucci ne put réunir les dix dollars nécessaires au renouvellement de ce caveat après 1874 — somme dont l'absence permit à Alexander Graham Bell de déposer, en 1876, le brevet qui lui vaudrait la postérité. En 2002, la Chambre des représentants des États-Unis a adopté la résolution H.Res.269[1], reconnaissant la contribution de Meucci à l'invention du téléphone et notant que, si le caveat avait été maintenu, aucun brevet n'aurait pu être octroyé à Bell. Sans

Dedication

This work is dedicated to the memory of Antonio Meucci, the Italian American engineer who, as early as the 1850s–1860s, devised an electrical voice-transmission device he called the "teletrofono", and who filed, on December 28, 1871, a caveat with the United States Patent Office describing his invention. Reduced to poverty, Meucci could not raise the ten dollars needed to renew that caveat after 1874 — an absence that allowed Alexander Graham Bell to file, in 1876, the patent that would bring him lasting fame. In 2002, the United States House of Representatives adopted H.Res.269[1], recognizing Meucci's contribution to the invention of the telephone and noting that, had the caveat been maintained, no patent could have been issued to Bell. Without claiming to settle a debate still discussed

[1] *Congress.gov, "H.Res.269 - 107th Congress (2001-2002): Expressing the sense of the House of Representatives to honor the life and achievements of 19th Century Italian-American inventor Antonio Meucci, and his work in the invention of the telephone." June 11, 2002. [Online]. Available: https://www.congress.gov/bill/107th-congress/house-resolution/269*

prétendre trancher un débat qui demeure discuté par les historiens des sciences, il reste établi que Meucci fut privé, par le dénuement et non par défaut de génie, de la reconnaissance attachée à son travail.

Cette dédicace s'étend, au-delà du cas de Meucci, à la mémoire de tous les inventeurs et inventrices dont l'apport technique fut capté, minoré ou dépossédé par des intérêts industriels et financiers mieux dotés en capital, en réseaux et en moyens juridiques — ceux dont le nom s'efface derrière celui d'industriels ayant su, eux, monétiser et breveter ce que d'autres avaient conçu. Que la présente dédicace au domaine public leur rende, modestement, la part de mémoire qui leur revient.

Dédicace au domaine public CC0 1.0 Universal

La dédicace Creative Commons CC0 1.0 Universal (Domaine Public) permet à l'auteur de renoncer, dans toute la mesure permise par la loi, à l'ensemble de ses droits d'auteur et droits voisins sur cette œuvre, à l'échelle mondiale. CC0 place le contenu directement dans le domaine public : toute personne peut copier, modifier, distribuer, exécuter et exploiter commercialement cette œuvre, même à des fins commerciales, sans demander d'autorisation et sans aucune obligation légale d'attribution. Aucune contrainte technique (DRM) n'est introduite. La dédicace est mondiale, irrévocable, et compatible avec les législations internationales en matière de droit d'auteur et de droits sur les bases de données, ce qui la rend adaptée aux documents d'ingénierie, schémas, architectures, modèles de calcul et spécifications techniques.

among historians of science, it remains established that Meucci was deprived, by destitution rather than by any lack of genius, of the recognition owed to his work.

This dedication extends, beyond Meucci's case alone, to the memory of all inventors whose technical contributions were captured, minimized, or expropriated by industrial and financial interests better endowed in capital, networks, and legal means — those whose names faded behind industrialists who, unlike them, knew how to monetize and patent what others had conceived. May this dedication to the public domain modestly restore to them the share of memory they are due.

CC0 1.0 Universal Public Domain Dedication

The Creative Commons CC0 1.0 Universal (Public Domain Dedication) allows the author to waive, to the fullest extent allowed by law, all copyright and related or neighboring rights to this work, worldwide. CC0 places the content directly in the public domain: anyone may copy, modify, distribute, perform, and exploit this work commercially, without asking permission and without any legal obligation of attribution. No technical restrictions (DRM) are introduced. The dedication is global, irrevocable, and compatible with international copyright and database-rights frameworks, making it suitable for engineering documents, schematics, architectures, computational models, and technical specifications.

Note de courtoisie : *bien qu'aucune attribution ne soit légalement requise sous CC0 1.0, l'auteur, Arnaldo S. Attallah, P. Eng., M. Sc. (INRS Énergie), souhaiterait que son nom soit mentionné par courtoisie lors de toute réutilisation de cette œuvre.*

Note explicative sur le choix de CC0 1.0

La dédicace Creative Commons CC0 1.0 Universal a été choisie en pleine connaissance de sa portée juridique. CC0 est fondamentalement un mécanisme de renonciation aux droits d'auteur et aux droits sur les bases de données — le même mécanisme que CC BY, mais sans condition d'attribution.

Il est important de noter que le droit d'auteur protège l'expression écrite, les schémas et la formulation d'une invention — non le concept technique sous-jacent, qui relève du droit des brevets. CC0 ne crée donc pas, à lui seul, une renonciation aux droits de brevet.

Cependant, la publication de ce document constitue une divulgation publique qui établit une antériorité (prior art) opposable dans la quasi-totalité des systèmes de brevets internationaux. C'est cette divulgation — et non la licence elle-même — qui empêche qu'un tiers puisse breveter cette invention à l'avenir.

CC0 1.0 a été préféré à CC BY 4.0 car il représente une renonciation plus complète : « Je renonce à ce que la loi me permet de céder », plutôt que « Je possède ceci et je vous accorde une licence ». La note de courtoisie accompagnant ce document remplace, sur le plan relationnel, la protection légale qu'offrirait normalement une clause d'attribution.

Courtesy note: *although no attribution is legally required under CC0 1.0, the author, Arnaldo S. Attallah, P. Eng., M. Sc. (INRS Énergie), would appreciate his name being mentioned as a courtesy whenever this work is reused.*

Explanatory Note on the CC0 1.0 Choice

The Creative Commons CC0 1.0 Universal dedication was chosen with full awareness of its legal scope. CC0 is fundamentally a copyright and database-rights waiver mechanism — the same mechanism as CC BY, but without the attribution condition.

It is worth noting that copyright protects the written expression, diagrams, and formulation of an invention — not the underlying technical concept, which falls under patent law. CC0 alone does not constitute a waiver of patent rights.

However, publication of this document constitutes a public disclosure that establishes prior art enforceable under nearly all international patent systems. It is this disclosure — not the license itself — that prevents a third party from patenting this invention in the future.

CC0 1.0 was preferred over CC BY 4.0 because it represents a more complete renunciation: "I relinquish what the law allows me to relinquish", rather than "I own this and grant you a license". The courtesy note accompanying this document serves, on a relational level, the role that an attribution clause would otherwise play legally.

RÉSUMÉ

Le présent document constitue une déclaration d'intention et une dédicace au domaine public (CC0 1.0 Universal) portant sur une architecture EVSE+EMS dite « Y-Split », destinée à la recharge de véhicules électriques dans les installations résidentielles et les garages de copropriété à capacité électrique limitée.

L'invention divulguée combine : (1) une régulation proportionnelle continue en boucle fermée sur 87 paliers discrets utilisant le signal normalisé PWM/PILOT (IEC 61851 / SAE J1772) ; (2) une vérification physique indépendante du courant fourni au véhicule au moyen d'un troisième capteur de courant (CT3), en aval du contacteur interne de l'EVSE ; (3) une architecture Y-Split séparant physiquement la mesure du circuit EVSE de celle des circuits du logement ; (4) un seuil adaptatif à hystérésis S*(t) anticipant les surcharges thermiques ; (5) un fonctionnement autonome intégral hors ligne, où la connectivité Wi-Fi/IoT ne conditionne jamais la sécurité ; (6) un appareil universel ne requérant qu'un seul paramètre de configuration, le calibre du disjoncteur principal de service ; et (7) une sécurité de verrouillage assortie d'une double alerte par courriel horodaté.

Le document situe cette invention dans son contexte historique (le contrôleur de délestage TH-100, 1976-1980) et industriel, présente une revue critique de l'art antérieur commercial et breveté, détaille les exigences d'intégration destinées aux fabricants d'EVSE, fournit un guide d'installation et une fiche d'installation permanente, envisage l'intégration future à la recharge par induction statique (SAE J2954), et comprend en annexe une simulation de la régulation en boucle fermée ainsi qu'une analyse des modes de défaillance et de leurs effets (AMDE/FMEA).

ABSTRACT

This document is a Declaration of Intent and Dedication to the Public Domain (CC0 1.0 Universal) covering a "Y-Split" EVSE+EMS architecture for electric-vehicle charging in residential installations and capacity-constrained condominium garages.

The disclosed invention combines: (1) continuous closed-loop proportional regulation across 87 discrete steps via the standardized PWM/PILOT signal (IEC 61851 / SAE J1772); (2) independent physical verification of the current delivered to the vehicle via a third current sensor (CT3), downstream of the EVSE's internal contactor; (3) a Y-Split architecture physically separating EVSE-circuit current measurement from dwelling-circuit measurement; (4) an adaptive hysteresis threshold S*(t) that anticipates thermal overloads rather than reacting to them; (5) fully autonomous offline operation, in which Wi-Fi/IoT connectivity never conditions system safety; (6) a single universal device requiring only one configuration parameter, the main service circuit breaker rating; and (7) a safety lockout with dual timestamped email alerts.

The document situates the invention within its historical (the TH-100 load-shedding controller, 1976-1980) and industrial context, provides a critical review of commercial and patented prior art, details integration requirements for EVSE manufacturers, supplies an installation guide and a permanent installation record, discusses future integration with static inductive charging (SAE J2954), and includes as appendices a closed-loop regulation simulation and a Failure Mode and Effects Analysis (FMEA).

HISTORIQUE DES RÉVISIONS / REVISION HISTORY

Version	Date	Modifications (FR)	Changes (EN)
Préliminaire / Preliminary	21 juillet 2026 July 21, 2026	Publication initiale (nom de fichier avec suffixe de version préliminaire « MSO20260721b »).	Initial publication (file name with preliminary version suffix “MSO20260721b”).
V1.0	4 août 2026 August 4, 2026	Première révision. Références au dépôt de publication sur Arxiv.org retirées (aucun document publié sur Arxiv.org) ; Dédicaces et divulgation d’antériorité formalisées ; usage du titre de « maître électricien » unifié ; définition du plancher S_min clarifiée pour le seuil de protection adaptatif S*(t) (§4.2.2) ; légendes des figures renumérotées ; description de la réalisation physique de la dérivation Y-Split ajoutée (§4.2.4) ; ajout du produit Load Miser™ aux produits commerciaux sans brevet identifié (§5.2) ; revue critique des brevets de l’art antérieur ajoutée (§5.3) ; fiche d’installation permanente modifiée; ajout de la définition du titre de « maître électricien » à l’Annexe A (glossaire) ; ajout de la note de transparence méthodologique ajoutée et formalisation du style des références dans l’Annexe B ; AMDE complétée dans l’Annexe C ; corrections éditoriales mineures.	First revision. References to publication deposit on Arxiv.org removed (no document published on Arxiv.org); Dedications and prior-art disclosure formalized; usage of the “master electrician” title unified; S_min floor definition clarified for the S*(t) adaptive protection threshold (§4.2.2); figure captions renumbered; description of the physical implementation of the Y-Split derivation added (§4.2.4); addition of the Load Miser™ product to the commercial products without an identified patent (§5.2); critical review of prior art patents added (§5.3); permanent installation record modified; addition of the “master electrician” title definition in Appendix A (glossary); addition of the methodological transparency note and formalisation of the references style in Appendix B; FMEA completed in Appendix C; minor editorial corrections.
V1.1	13 août 2026 August 13, 2026	Révision éditoriale. Figure 7 mise à jour pour montrer CT3 (§4.3) ; ponctuation des listes à puces uniformisée (§3, §5.4) ; formulation juridique nuancée en §5 (effet de l’antériorité sur une demande de brevet postérieure : « irrecevable » → « susceptible d’être rejetée ») ; corrections éditoriales mineures.	Editorial revision. Figure 7 updated to show CT3 (§4.3); bullet-list punctuation standardized (§3, §5.4); legal wording refined in §5 (effect of prior art on a later-filed patent application: “inadmissible” → “liable to be rejected”); minor editorial corrections.

V1.2	26 août 2026 August 26, 2026	Présent document. Ajout des sections « Résumé » et « Historique des révisions ». Ajout de la sous-section 5.5 « Contexte réglementaire québécois (mars 2026) ». Cet ajout documente la correspondance entre l'architecture Y-Split EVSE+EMS et la définition de « contrôleur local » introduite par la mise à jour du Chapitre V, Électricité, du Code de construction du Québec, entrée en vigueur le 26 mars 2026 — soit après la publication initiale de ce document. Cet ajout est fait à titre informatif et n'affecte pas la date d'antériorité établie par les versions précédentes pour l'architecture technique elle-même. Mise à jour de la simulation pour 100 A, ajout des simulations complémentaires pour 60 A et 200 A, des clarifications sur l'équation du seuil adaptatif S*(t), et de références normatives à l'Annexe B ; corrections éditoriales mineures.	This document. Addition of the "Abstract" and "Revision History" sections. Addition of the new subsection 5.5, "Quebec Regulatory Context (March 2026)." This addition documents the correspondence between the Y-Split EVSE+EMS architecture and the "local controller" definition introduced by the update to Chapter V, Electricity, of the Quebec Construction Code, effective March 26, 2026 — i.e., after this document's initial publication. This addition is informational and does not affect the prior-art date established by earlier versions for the technical architecture itself. Update of the simulation for 100 A, addition of the 60 A and 200 A complementary simulations, of clarifications about the S*(t) adaptive threshold equation, and of normative references in Appendix B; minor editorial corrections.

TABLE DES MATIÈRES

1. Préface — p. 10

2. Contexte historique — TH-100 (1976–1980) — p. 11

3. Contexte industriel — p. 13

4. Aperçu des principes de l'invention — p. 15

4.1 et 4.2 Principes techniques (Y-Split, CT3, PWM/PILOT) — p. 15

4.2.1 Compléments normatifs — Contraintes NEC/CEC et seuil adaptatif S(t) — p. 16*

4.2.2 Seuil de protection adaptatif S(t) — p. 16*

4.2.3 Portée de la plage de démonstration du curseur — p. 18

4.2.4 Architecture Y-Split — p. 21

4.2.5 Régulation proportionnelle via le signal PWM/PILOT — p. 22

4.3 Illustrations techniques (Fig. 2 à 7) — p. 23

5. Art antérieur et apport inventif — p. 29

5.0 Portée juridique de la divulgation — p. 29

5.1 Mise à jour du statut légal des brevets cités (juillet 2026) — p. 34

5.2 Produits commerciaux sans brevet identifié — p. 35

TABLE OF CONTENTS

1. Preface — p. 10

2. Historical Context — TH-100 (1976–1980) — p. 11

3. Industrial Context — p. 13

4. Overview of the Invention Principles — p. 15

4.1 et 4.2 Technical Principles (Y-Split, CT3, PWM/PILOT) — p. 15

4.2.1 Regulatory Supplement — NEC/CEC Constraints and S(t) Adaptative Threshold — p. 16*

4.2.2 S(t) Adaptive Protection Threshold — p. 16*

4.2.3 Scope of the Slider Demonstration Range — p. 18

4.2.4 Y-Split Architecture — p. 21

4.2.5 Proportional Regulation via PWM/PILOT Signal — p. 22

4.3 Technical Illustrations (Fig. 2 to 7) — p. 23

5. Prior Art and Inventive Contribution — p. 29

5.0 Legal Scope of the Disclosure — p. 29

5.1 Legal Status Update of Cited Patents (July 2026) — p. 34

5.2 Commercial Products Without an Identified Patent — p. 35

5.3 Revue critique des brevets de l’art antérieur — p. 39

5.4 Équivalents techniques, variantes et implémentations futures — p. 43

5.5 Contexte réglementaire québécois (mars 2026) — p. 45

6. Ce que le fabricant devrait intégrer — p. 46

7. Conditions préalables à l’installation — p. 47

7.0 Guide d’installation rapide — p. 47

Fiche permanente d’installation (FR) — p. 49

7.1 à 7.5 Conditions détaillées, exemples A et B — p. 51

7.6 Sélection du disjoncteur EVSE (6 scénarios) — p. 55

7.7 Comportement du système en cas d’anomalie — p. 59

8. Installation évolutive — p. 61

9. Intégration dans un chargeur statique à induction (futur) — SAE J2954 — p. 63

10. Conclusion — p. 72

11. Remerciements — p. 73

5.3 Critical Review of Prior Art Patents — p. 39

5.4 Technical Equivalents, Variants and Future Implementations — p. 43

5.5 Quebec Regulatory Context (March 2026) — p. 45

6. What the Manufacturer Should Implement — p. 46

7. Pre-Installation Conditions — p. 47

7.0 Quick Installation Guide — p. 47

Permanent Installation Record (EN) — p. 50

7.1 to 7.5 Detailed Conditions, Examples A and B — p. 51

7.6 EVSE Breaker Selection (6 scenarios) — p. 55

7.7 System Behaviour Under Anomaly Conditions — p. 59

8. Forward-Compatible Installation — p. 61

9. Integration into a Future Static Inductive Charger — SAE J2954 — p. 63

10. Conclusion — p. 72

11. Acknowledgments — p. 73

Annexe A. Glossaire des termes techniques — p. 74

Annexe B (FR). Simulation de la régulation proportionnelle — p. 80

Annexe C (FR). Analyse des modes de défaillance (AMDE/FMEA) — p. 94

Appendix A. Glossary of Technical Terms — p. 74

Appendix B (EN). Simulation of Closed-Loop Proportional Regulation — p. 87

Appendix C (EN). Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) — p. 98

1. PRÉFACE

Cette invention est publiée dans le domaine public parce que la technologie devrait servir la société, et non être captive de barrières artificielles. La présente déclaration repose sur un choix délibéré : la transparence, la liberté d'usage et l'avancement collectif priment sur toute forme de restriction.

Ces travaux sont mis à la disposition de tous — fabricants, ingénieurs, chercheurs, installateurs — sans condition, pour qu'ils puissent être utilisés, améliorés, produits et diffusés au bénéfice de l'humanité.

Référence historique et inspiration humanitaire

Le choix de publier cette divulgation dans le domaine public s'inscrit dans une tradition où certaines avancées scientifiques et techniques ont été mises au service du bien commun. Le médecin et chercheur Jonas Salk déclara, à propos du vaccin contre la polio : *« Could you patent the sun? »* Cette réflexion demeure une source d'inspiration : lorsqu'une innovation peut contribuer à la sécurité, à l'efficacité énergétique ou à l'intérêt collectif, sa diffusion ouverte peut favoriser une adoption plus rapide et un bénéfice plus large pour la société.

1. PREFACE

This invention is published in the public domain because technology should serve society and not be held captive behind artificial barriers. This declaration rests on a deliberate choice: transparency, freedom of use, and collective advancement take precedence over any form of restriction.

This work is made available to all — manufacturers, engineers, researchers, installers — without condition, so that it may be used, improved, produced, and disseminated for the benefit of humanity.

Historical Reference and Humanitarian Inspiration

The decision to publish this disclosure in the public domain follows a tradition in which certain scientific and technical advances have been made available for the common good. Physician and researcher Jonas Salk famously stated, regarding the polio vaccine: *"Could you patent the sun?"* This reflection remains a source of inspiration: when an innovation can contribute to safety, energy efficiency, or the collective interest, open dissemination may encourage faster adoption and broader benefit to society.

2. CONTEXTE HISTORIQUE — TH-100 (1976–1980)

Entre 1976 et 1980, Hydro-Québec lance son premier grand programme de transition énergétique : la Biénergie. Ce programme pose un problème technique majeur, encore d'actualité aujourd'hui :

Comment ajouter une nouvelle charge électrique importante dans un panneau résidentiel existant sans dépasser la capacité du disjoncteur principal ?

C'est dans ce contexte qu'Arnaldo S. Attallah invente pour Thermolec Ltée le TH-100 — et, avec son étudiant Pierre Levesque, ils développent un contrôleur électronique réalisant déjà ce que l'on nomme aujourd'hui un Energy Management System (EMS).

Le TH-100 intégrait :

- deux transformateurs de courant mesurant le courant total réel du panneau,
- une logique binaire 4 bits — 16 niveaux de puissance,
- quatre contacteurs commandant quatre éléments chauffants,
- un algorithme matériel empêchant toute surcharge du panneau.

Démonstration vidéo en français du TH-100

2. HISTORICAL CONTEXT — TH-100 (1976–1980)

Between 1976 and 1980, Hydro-Québec launched its first major energy transition program: Dual-Energy (Bi-Energy). This program raised a significant technical challenge that remains relevant today:

How can a major new electrical load be added to an existing residential service panel without exceeding the capacity of the main circuit breaker?

It was in this context that Arnaldo S. Attallah invented the TH-100 for Thermolec Ltd. — and, together with his student Pierre Levesque, they developed an electronic controller already performing what is known today as an Energy Management System (EMS).

The TH-100 incorporated:

- two current transformers measuring the panel actual total current,
- 4-bit binary logic — 16 power levels,
- four contactors controlling four heating elements,
- a hardware algorithm preventing any panel overload.

Video demonstration in English of TH-100

Filiation technique / Technical Lineage — TH-100 → EVSE+EMS

TH-100 (1976–1980)	EVSE+EMS (2026)	Evolutionary Notes (EN)
2 CT analogiques — mesure courant total du panneau	3 CT analogiques — CT1+CT2 (logement) + CT3 (EVSE, mesure indépendante)	Same CT type — 2 CTs (panel total) → 3 CTs (2 for dwelling + 1 for independent EVSE measurement)
Logique câblée	Microcontrôleur	Hardwired logic → Microcontroller
16 niveaux	87 paliers PWM	16 levels → 87 PWM steps
Chauffage biénergie	Recharge VE	Bi-energy heating → EV charging with EMS
Protection du panneau — seuil fixe câblé, réponse binaire, sans protection thermique adaptative	Protection thermique adaptative — seuil dynamique S*(t), modèle d'échauffement cumulatif, régulation proportionnelle	Fixed threshold, binary response → S*(t) adaptive threshold, cumulative thermal model, proportional regulation

3. CONTEXTE INDUSTRIEL

Dans les garages de condominiums et les installations résidentielles existantes, les panneaux électriques :

- n'ont pas été conçus pour accueillir des chargeurs EVSE,
- ont une capacité limitée,
- devraient respecter la limite de 80 % du calibre du disjoncteur en charge continue (NEC/CEC — charge continue).

Les solutions actuelles utilisent des dispositifs externes ON/OFF qui :

- coupent complètement l'alimentation AC du chargeur,
- interrompent le Wi-Fi, la télémétrie et les mises à jour OTA de l'EVSE,
- ne respectent pas la logique des normes IEC 61851 / SAE J1772.

Précision importante — deux liaisons OTA distinctes : la coupure décrite ci-dessus déconnecte complètement l'EVSE — et l'EVSE seul — de toute connectivité. Ce sont seulement le Wi-Fi, la télémétrie et la liaison des mises à jour OTA du chargeur lui-même qui sont perdus. Le véhicule électrique, pour sa part, conserve intégralement sa propre liaison OTA (généralement cellulaire), totalement indépendante du chargeur, et n'est donc aucunement affecté. La liaison OTA de l'EVSE et celle du VÉ sont deux dispositifs distincts et sans aucun rapport.

3. INDUSTRIAL CONTEXT

In condominium garages and existing residential installations, electrical panels:

- were not designed to accommodate EVSE chargers,
- have limited capacity,
- should comply with the 80% continuous load limit of the main breaker rating (NEC/CEC — continuous load rule).

Current solutions use external ON/OFF switching devices that:

- completely cut AC power to the charger,
- interrupt EVSE's own Wi-Fi, telemetry, and OTA firmware updates,
- do not comply with IEC 61851 / SAE J1772 standards logic.

Important clarification — two distinct OTA links: the cutoff described above completely disconnects the EVSE — and the EVSE alone — from all connectivity. It is the charger's own Wi-Fi, telemetry, and OTA update links that are lost. The EV itself fully retains its own OTA link functionality (typically cellular), entirely independent of the charger, and is not affected in any way. The EVSE's OTA link and the EV's own link are two distinct and unrelated subsystems.

Aucun système commercial ne semblerait fournir aujourd'hui une solution intégrée combinant les caractéristiques suivantes.

(1) Une **régulation proportionnelle continue en boucle fermée, finement graduée sur 87 paliers discrets** via le signal PWM/PILOT normalisé (IEC 61851 / SAE J1772), plutôt qu'une simple coupure ON/OFF.

(2) Une **vérification physique indépendante du courant fourni spécifiquement au véhicule** (CT3), en aval du contacteur interne de l'EVSE, plutôt qu'une estimation.

(3) Une **architecture Y-Split** séparant physiquement la mesure de courant du circuit EVSE de celle des circuits du logement.

(4) Un **seuil adaptatif S*(t) à hystérésis**, anticipant les surcharges thermiques plutôt que d'y réagir après coup.

(5) Un **fonctionnement autonome intégral hors ligne**, la connectivité Wi-Fi/IoT étant réservée à la télémétrie et aux mises à jour OTA, sans jamais conditionner la sécurité du système.

(6) Un **appareil universel unique** ne nécessitant qu'un seul paramètre à configurer par le maître électricien : le calibre du service.

(7) Une **sécurité de verrouillage (lockout) avec arrêt effectif de la recharge et envoi de deux courriels d'alerte horodatés** — au maître électricien responsable de l'installation et à la gestion de l'immeuble — dès qu'une anomalie est confirmée (voir §7.7, Situation 3).

No commercial system currently appears to provide an integrated solution combining the following features.

(1) A **continuous closed-loop proportional regulation, finely graduated across 87 discrete steps** via the standardized PWM/PILOT signal (IEC 61851 / SAE J1772), rather than a simple ON/OFF cutoff.

(2) An **independent physical verification of the current delivered specifically to the vehicle** (CT3), downstream of the EVSE internal contactor, rather than an estimate.

(3) A **Y-Split architecture** physically separating the EVSE circuit current measurement from the dwelling circuits measurement.

(4) An **adaptive hysteresis threshold S*(t) with hysteresis**, anticipating thermal overloads rather than reacting to them after the fact.

(5) A **full autonomous offline operation**, with Wi-Fi/IoT connectivity reserved for telemetry and OTA updates, never conditioning the system safety.

(6) A **single universal device** requiring only one parameter to be configured by the master electrician: the service rating.

(7) A **safety lockout with effective charging stoppage and dual timestamped alert emails** — to the master electrician responsible for the installation and to building management — as soon as an anomaly is confirmed (see §7.7, Situation 3).

4. APERÇU DES PRINCIPES DE L'INVENTION

Note terminologique — Nom de l'invention

Aux fins du présent document, l'invention est désignée par le nom distinctif « Y-Split EVSE+EMS » — combinant la désignation technique générique déjà employée tout au long du document (EVSE, Electric Vehicle Supply Equipment ; EMS, Energy Management System) et le terme distinctif « Y-Split » propre à l'architecture de séparation physique des circuits du véhicule et du logement décrite au § 4.2.4. Ce choix a été fait après vérification qu'aucun conflit de marque connu n'existe pour cette combinaison, contrairement à d'autres appellations envisagées et écartées pour cette raison.

4.1 Mesure physique du courant réel (CT3)

Le chargeur mesure le courant réel fourni spécifiquement au véhicule, indépendamment du signal PWM/PILOT, grâce au capteur CT3 placé en aval du contacteur interne de l'EVSE.

4.2 Reconstruction du courant total du logement

CT1 et CT2 mesurent le courant fourni aux charges domestiques sur chaque phase. En installation split-phase nord-américaine, l'EVSE tire son courant (mesuré par CT3) sur les deux phases simultanément. Le courant total est calculé sur chaque phase indépendamment :

I_total_L1 = |I_L1| + I_EVSE
I_total_L2 = |I_L2| + I_EVSE
Contrainte : max(I_total_L1, I_total_L2) ≤ 0,80 × I_disjoncteur_principal

4. OVERVIEW OF THE INVENTION PRINCIPLES

Terminology Note — Name of the Invention

For the purposes of this document, the invention is designated by the distinctive name "Y-Split EVSE+EMS" — combining the generic technical designation already used throughout the document (EVSE, Electric Vehicle Supply Equipment; EMS, Energy Management System) with the distinctive term "Y-Split" specific to the physical separation architecture of the vehicle and dwelling circuits described in § 4.2.4. This choice was made after verifying that no known trademark conflict exists for this combination, unlike other names considered and set aside for that reason.

4.1 Physical Measurement of Actual Current (CT3)

The charger measures the actual current delivered specifically to the vehicle, independently of the PWM/PILOT signal, via sensor CT3 placed downstream of the EVSE internal contactor.

4.2 Reconstruction of Total Dwelling Current

CT1 and CT2 measure the current delivered to domestic loads on each phase. In a North American split-phase installation, the EVSE draws current (measured by CT3) on both phases simultaneously. Total current is calculated independently for each phase:

I_total_L1 = |I_L1| + I_EVSE
I_total_L2 = |I_L2| + I_EVSE
Constraint: max(I_total_L1, I_total_L2) ≤ 0.80 × I_main_breaker

4.2.1 Compléments normatifs — Contraintes NEC/CEC et seuil adaptatif S(t)*

Contrainte 1 — Disjoncteur du circuit EVSE (NEC 625.42 / CEC Règle 8-104) : I_EVSE ≤ 0,80 × I_disjoncteur_EVSE (charge continue : le courant fourni au véhicule ne devrait pas excéder 80 % du calibre du disjoncteur de circuit EVSE).

Contrainte 2 — Disjoncteur du service principal (NEC 230.79 / CEC Règle 8-200) : max(I_total_L1, I_total_L2) ≤ 0,80 × I_disjoncteur_principal (protection thermique du panneau : la charge totale observée sur chaque phase ne devrait pas excéder 80 % du calibre du disjoncteur principal).

La formule exacte de protection thermique du disjoncteur bipolaire est :

I_total = max(│I_L1_logement│, │I_L2_logement│) + I_EVSE

Cette formule cible le pôle thermiquement le plus sollicité du disjoncteur bipolaire, conformément à IEC 60898-1:2015, UL 489 et CSA C22.2 Nº 5-09.

En installation triphasée : I_total = max(│I_L1│, │I_L2│, │I_L3│)_logement + I_EVSE.

4.2.2 Seuil de protection adaptatif S(t)*

Le seuil de protection S*(t) n'est pas fixé de manière statique. Il s'agit en fait d'un seuil adaptatif qui varie dynamiquement entre le plancher opérationnel S_min et le plafond correspondant S_max — deux constantes déterminées une seule fois, lors de la conception du firmware, puis figées dans le produit fini (voir § 4.2.3).

4.2.1 Regulatory Supplement — NEC/CEC Constraints and S(t) Adaptive Threshold*

Constraint 1 — EVSE branch circuit breaker (NEC 625.42 / CEC Rule 8-104): I_EVSE ≤ 0.80 × I_EVSE_breaker (continuous load: current delivered to the vehicle should not exceed 80% of the EVSE circuit breaker rating).

Constraint 2 — Main service breaker (NEC 230.79 / CEC Rule 8-200): max(I_total_L1, I_total_L2) ≤ 0.80 × I_main_breaker (panel thermal protection: total observed load on each phase should not exceed 80% of the main breaker rating).

The exact thermal protection formula for the bipolar circuit breaker is:

I_total = max(│I_L1_dwelling│, │I_L2_dwelling│) + I_EVSE

This formula targets the most thermally stressed pole of the bipolar breaker, in accordance with IEC 60898-1:2015, UL 489, and CSA C22.2 No. 5-09.

In three-phase installations: I_total = max(│I_L1│, │I_L2│, │I_L3│)_dwelling + I_EVSE.

4.2.2 S(t) Adaptive Protection Threshold*

The S*(t) protection threshold is not statically fixed. It is in fact an adaptive threshold which varies dynamically between the operational floor S_min and the corresponding ceiling S_max — two constants determined only once, during firmware design, and then permanently set in the finished product (see § 4.2.3).

Le plancher S_min peut être déterminé en fonction du contexte d'application mais est normalement fixé par défaut à la valeur de courant total ciblée pour la consigne nominale de régulation du I_total requis pour l'installation. Cette valeur correspond typiquement au courant domestique minimum, soit environ 5 % du calibre du disjoncteur principal, auquel on ajoute le courant de charge maximum permissible pour l'EVSE (I_EVSE_max) :

S_min ≈ 0,05 × I_disjoncteur_principal + I_EVSE_max

Le plafond S_max est normalement fixé à environ 80 % du calibre du disjoncteur principal :

S_max ≈ 0,80 × I_disjoncteur_principal.

Ainsi, la constante S_min tout comme S_max, étant exprimée comme une fraction du calibre du disjoncteur principal programmé, ainsi que sur la prémisse d'une sélection adéquate du courant maximum de l'EVSE, elle garantit que la contrainte S_min < S_max soit toujours respectée par construction, pour toute valeur d'un courant de service compris dans la plage 60 A à 600 A.

Quant au seuil adaptatif S*(t) lui-même, il est recalculé en temps réel par le firmware, à chaque cycle machine, en fonction des charges domestiques observées (voir exemple illustratif à la Note § 4.2-N1).

Le seuil S*(t) opère également avec une bande d'hystérésis pour éviter le risque d'oscillation rapide des consignes de puissance fournies au véhicule (voir Note § 4.2-N1 ci-dessous).

The S_min floor value can be determined according to the application context but is normally set by default to the total current value targeted for the nominal I_total regulation setpoint required for the installation. This value typically corresponds to the household minimum current, which is approximately 5% of the main circuit breaker rating, upon which is added the maximum permissible EVSE charge current (I_EVSE_max) plus:

S_min ≈ 0,05 × I_main_breaker + I_EVSE_max

The S_max ceiling is normally set at approximately 80% of the main circuit breaker rating:

S_max ≈ 0,80 × I_main_breaker.

Therefore, the constant S_min, just like S_max, being expressed as a fraction of the programmed main circuit breaker rating, and on the premise of an appropriate maximum EVSE current selection, it guarantees that the constraint S_min < S_max is always respected by construction, for any value of a service current within the range of 60 A to 600 A.

As for the adaptive threshold S*(t) itself, it is recalculated in real time by the firmware, at each machine cycle, according to the observed domestic loads (see illustrative example in Note § 4.2-N1).

The S*(t) threshold also operates with a hysteresis band to prevent the risk of rapid oscillation in the power commands being delivered to the vehicle (see Note § 4.2-N1 below).

Note § 4.2-N1. Exemple d'évolution dynamique du seuil S(t) selon la charge domestique*

La nuit, en l'absence d'activité domestique, le courant du logement est presque nul. Le seuil S(t) est alors déterminé à environ 80 A, soit S_max ≈ 80 % pour un calibre de disjoncteur principal de 100 A.*

À mesure que le courant du logement augmente au cours de la journée, le seuil S(t) diminue proportionnellement, jusqu'au plancher opérationnel minimal S_min permis par l'algorithme d'autoadaptation.*

Fig. 1 — Courbe dynamique du seuil S(t)*

Cet exemple illustre qualitativement le principe du seuil adaptatif ; il ne remplace pas les méthodes officielles de calcul de charge du CEC (Règle 8-200) et ne constitue pas une exigence normative NEC/CEC.

Ce seuil adaptatif S*(t) permet au système d'anticiper les surcharges thermiques plutôt que d'y réagir après coup — distinction fondamentale par rapport à tout système de protection à seuil fixe.

4.2.3 — Portée de la plage de démonstration du curseur

Sur les curseurs de contrôle des limites de l'outil interactif de la Fig. 1, la plage du curseur de limite basse a été volontairement étendue jusqu'à 10 % afin d'illustrer, à des fins pédagogiques, l'ensemble de la plage mathématiquement possible du seuil S*(t).

Cette valeur de 10 % ne constitue pas une recommandation opérationnelle : dans la

Note § 4.2-N1. Example of the Dynamic Evolution of the S(t) Threshold with Household Load*

At night, with no household activity, the dwelling current is nearly zero. The S(t) threshold is then set at approximately 80 A, i.e. S_max ≈ 80% for a 100 A main breaker rating.*

As the dwelling current increases throughout the day, the S(t) threshold decreases proportionally, down to the minimum operational floor S_min permitted by the self-adapting algorithm.*

Fig. 1 — Dynamic S(t) Threshold Curve*

This example qualitatively illustrates the adaptive threshold principle; it does not replace official CEC load calculation methods (CEC Rule 8-200) and is not a normative NEC/CEC requirement.

This S*(t) adaptive threshold allows the system to anticipate thermal overloads rather than react to them after the fact — a fundamental distinction from any fixed-threshold protection system.

4.2.3 — Scope of the Slider Demonstration Range

On the Fig. 1 interactive tool limits control sliders, the lower limit slider range was deliberately extended down to 10% for illustrative purposes, to show the full mathematically possible range of the S*(t) threshold.

This 10% value is not an operational recommendation: in practice, such a low

pratique, un plancher S_min aussi bas exposerait le véhicule à des interruptions de charge fréquentes et non représentatives d'un usage réel.

La valeur optimale de S_min devrait être déterminée une seule fois, lors de la conception du firmware, soit par un **calcul stochastique**, soit par une série d'**essais empiriques** — puis figée dans le produit fini, conformément au principe d'universalité et de simplicité d'installation décrit au § 7.4 (aucun réglage ni calibration requis sur le terrain).

Un calcul stochastique est une méthode qui, au lieu de supposer une charge domestique fixe ou une valeur moyenne unique, modélise cette charge comme une variable aléatoire dont le comportement varie dans le temps selon des lois de probabilité (par exemple, une simulation de Monte-Carlo appliquée à des profils de charge statistiques représentatifs du parc de logements visé).

Ce type de calcul permet d'estimer, avec un niveau de confiance donné, la probabilité qu'un plancher S_min donné soit suffisant pour éviter les interruptions non désirées à l'échelle de la population des installations, en tenant compte des facteurs de diversité et de foisonnement usuels — plutôt que de se fier à un seul scénario déterministe comme celui illustré à la Note § 4.2-N1.

Les essais empiriques, à l'inverse, consistent à ajuster progressivement le seuil S_min sur un banc d'essai ou un échantillon représentatif d'installations types, en observant le comportement du système sur plusieurs cycles de charge, jusqu'à convergence vers une valeur stable et généralisable.

Dans de nombreux cas, cette valeur optimale pourrait en pratique se situer très près de la limite haute S_max (par exemple entre 70 % et 80 %), si le délai de

S_min floor would expose the vehicle to frequent charging interruptions that are not representative of real-world use.

The optimal S_min value should be determined once, during firmware design, either through a **stochastic calculation** or through a series of **empirical trials** — then fixed permanently in the finished product, consistent with the universality and installation-simplicity principle described in § 7.4 (no field adjustment or calibration required).

A stochastic calculation is a method that, instead of assuming a fixed or single average household load, models that load as a random variable whose behaviour varies over time according to probability distributions (for example, a Monte Carlo simulation applied to statistical load profiles representative of the target housing population).

This type of calculation estimates, with a given confidence level, the probability that a given S_min floor will be sufficient to avoid unwanted interruptions across the population of installations, accounting for typical diversity and demand factors — rather than relying on a single deterministic scenario such as the one illustrated in Note § 4.2-N1.

Empirical trials, by contrast, consist of progressively adjusting the S_min threshold on a test bench or a representative sample of typical installations, observing the system behaviour over several charging cycles, until the value converges to a stable, generalizable result.

In many cases, this optimal value could, in practice, lie very close to the upper limit S_max (for example between 70% and

déclenchement thermique du disjoncteur principal est de l'ordre de plusieurs minutes plutôt que de quelques secondes.

Dans un tel cas, la marge de sécurité entre S_min et S_max peut être réduite **par le manufacturier de l'EVSE**, sans compromettre la protection thermique du panneau, puisque le système dispose alors du temps nécessaire pour réagir avant que le disjoncteur n'atteigne son seuil de déclenchement. Le calcul stochastique ou les essais empiriques décrits ci-dessus servent précisément à déterminer, une fois pour toutes lors de la conception du produit, si une telle réduction de marge est justifiée par la courbe de déclenchement type des disjoncteurs visés par le produit — la méthode n'est mise en œuvre que lorsque cela s'avère nécessaire, et jamais par l'installateur ou l'utilisateur final.

La plage étendue du curseur de limite basse (10 % à 80 %) sert donc uniquement à l'exploration visuelle du modèle mathématique sous-jacent, et non à la sélection directe d'une valeur de production ni à un réglage sur site.

80%), if the main breaker thermal tripping delay is on the order of several minutes rather than a few seconds.

In such a case, the safety margin between S_min and S_max can be reduced **by the EVSE manufacturer**, without compromising the panel thermal protection, since the system then has sufficient time to react before the breaker reaches its tripping threshold. The stochastic calculation or empirical trials described above serve precisely to determine, once and for all during product design, whether such a margin reduction is justified by the typical tripping curve of the breakers targeted by the product — the method is applied only when necessary, and never by the installer or end user.

The lower limit slider extended range (10% to 80%) therefore serves only for visual exploration of the underlying mathematical model, not for direct selection of a production value or on-site adjustment.

4.2.4 Architecture Y-Split

Séparation physique entre le circuit EVSE et les circuits du logement. Cette architecture garantit une mesure exacte et indépendante des deux flux de courant.

Réalisation physique de la dérivation en Y (Y-Split)

La séparation physique entre le circuit d'alimentation du logement et celui du VÉ (dérivation Y) ne doit pas être réalisée en raccordant deux conducteurs indépendants sur une même borne du disjoncteur principal, celle-ci n'étant généralement homologuée que pour un seul conducteur.

La dérivation doit être réalisée au moyen d'un bloc de distribution de puissance homologué CSA, de calibre approprié à l'ampacité du conducteur principal et des deux départs, conformément à la Section 12 du Code canadien de l'électricité (raccordement des conducteurs). Si le conducteur principal est en aluminium, le bloc doit être à cote double Cu/Al pour éviter tout risque de corrosion galvanique.

Le bloc doit être installé dans un boîtier de jonction homologué, accessible pour inspection, et l'installation est soumise à un permis et une inspection par l'autorité compétente (ESA en Ontario, RBQ au Québec ou équivalent ailleurs).

Le choix du modèle précis, du calibre, du nombre de départs et de l'emplacement de la dérivation relève entièrement du jugement et de la responsabilité du maître électricien réalisant l'installation. Le présent document ne prescrit aucun modèle ou marque spécifique de bloc de distribution ; il indique uniquement le principe de séparation physique requis par l'architecture Y-Split.

4.2.4 Y-Split Architecture

Physical separation between the EVSE circuit and the dwelling circuits. This architecture guarantees an exact and independent measurement of both current flows.

Physical Implementation of the Y Derivation (Y-Split)

The physical separation between the dwelling supply circuit and the EV circuit (Y derivation) must not be achieved by landing two independent conductors on a single main breaker terminal, as this terminal is generally listed for one conductor only.

The derivation must be made using a CSA-listed power distribution block, sized to match the ampacity of the main conductor and both outgoing feeds, in accordance with Section 12 of the Canadian Electrical Code (conductor connections). If the main conductor is aluminum, the block must be dual-rated Cu/Al to prevent any risk of galvanic corrosion.

The block must be installed in a listed junction enclosure, accessible for inspection, and the installation is subject to permit and inspection by the authority having jurisdiction (ESA in Ontario, RBQ in Quebec, or equivalent elsewhere).

The choice of specific model, rating, number of taps, and location of the derivation rests entirely with the judgment and responsibility of the master electrician performing the installation. This document does not prescribe any specific brand or model of distribution block; it only states the principle of physical separation required by the Y-Split architecture.

4.2.5 Régulation proportionnelle via le signal PWM/PILOT

Dans cette invention, le signal PWM/PILOT (IEC 61851 / SAE J1772) est utilisé comme variable de contrôle pour moduler le courant autorisé au véhicule sur 87 paliers discrets — sans coupure AC, sans contacteur externe, sans perte de communication.

4.2.5 Proportional Regulation via PWM/PILOT Signal

In this invention, the PWM/PILOT signal (IEC 61851 / SAE J1772) is the control variable used to modulate the current authorized to the vehicle over 87 discrete steps — no AC interruption, no external contactor, no loss of communication.

Note de clarification — Mode d'exécution du signal PWM/PILOT

Le signal PWM/PILOT permet 87 paliers discrets de courant (Fig. 4), mais leur exécution suit deux logiques distinctes selon le contexte. En fonctionnement normal, le système EMS calcule directement le palier cible approprié et le commande en une seule transition, au cycle machine suivant (6 secondes) — le signal PWM/PILOT changeant de valeur de façon quasi instantanée, une progression séquentielle palier par palier n'est ni nécessaire ni souhaitable, celle-ci risquant d'accumuler un délai de correction significatif (6 secondes × nombre de paliers), ce qui est incompatible avec le délai normalisé de 5 secondes prévu pour l'exécution d'une commande par le véhicule (SAE J1772:2017, Tableau 14, Transition 11). En reprise après un verrouillage de sécurité (§ 7.7, Situation 3), le système adopte au contraire une progression graduelle, un palier à la fois, avec confirmation du courant réel (CT3) à chaque étape avant de passer au palier suivant — la prudence primant alors sur la rapidité, puisqu'il s'agit de reprendre la charge après une anomalie confirmée.

Clarification Note — PWM/PILOT Signal Execution Mode

The PWM/PILOT signal supports 87 discrete current steps (Fig. 4), but their execution follows two distinct logics depending on context. Under normal operation, the EMS system directly computes the appropriate target step and commands it in a single transition, at the next machine cycle (6 seconds) — since the PWM/PILOT signal changes value nearly instantaneously, a sequential step-by-step progression is neither necessary nor desirable, as it would risk accumulating a significant correction delay (6 seconds × number of steps), which is incompatible with the normalized 5-second delay allowed for the vehicle to execute a command (SAE J1772:2017, Table 14, Transition 11). During recovery after a safety lockout (§ 7.7, Situation 3), the system instead adopts a gradual progression, one step at a time, with confirmation of the actual current (CT3) at each stage before advancing to the next step — caution then taking precedence over speed, since this involves resuming charging after a confirmed anomaly.

4.3 ILLUSTRATIONS TECHNIQUES

4.3 TECHNICAL ILLUSTRATIONS

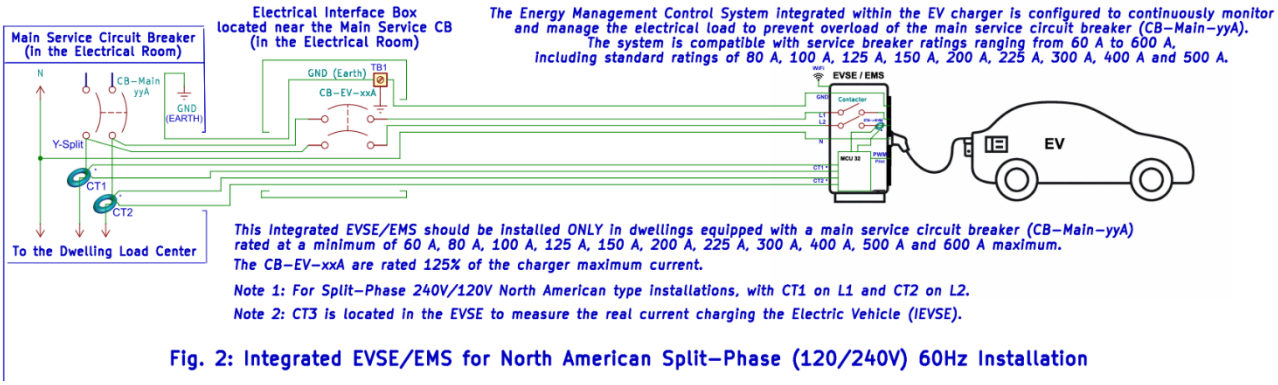


Fig. 2: Integrated EVSE/EMS for North American Split-Phase (120/240V) 60Hz Installation

Fig. 2 — Architecture EVSE/EMS intégrée pour installation nord-américaine en split-phase (120/240 V) / Fig. 2 — Integrated EVSE/EMS Architecture for North American Split-Phase (120/240 V) Installation

La Fig. 2 illustre la compatibilité générale de l'architecture avec une large gamme de calibres de disjoncteurs principaux (60 A à 600 A). Les exemples A et B de la section 7.3 illustrent les cas résidentiels les plus courants (60 A — rare mais possible, 100 A et 200 A) ; le même principe de régulation proportionnelle s'applique sans modification aux calibres plus élevés.

Fig. 2 illustrates the architecture general compatibility with a wide range of main breaker ratings (60 A to 600 A). Examples A and B in Section 7.3 illustrate the most common residential cases (60 A — rare but possible, 100 A, and 200 A); the same proportional regulation principle applies without modification to higher ratings.

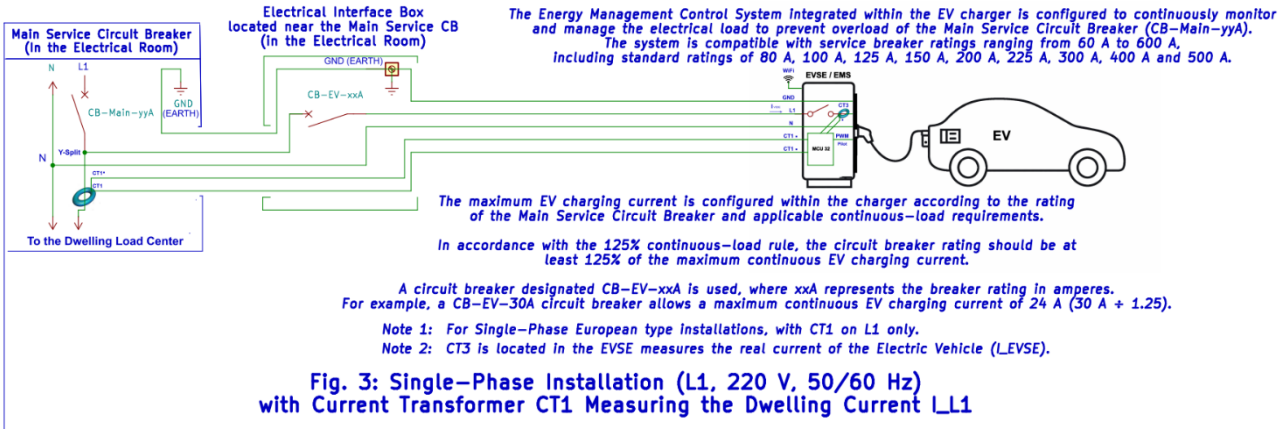


Fig. 3 — Installation monophasée mondiale (L1, 220 V, 50/60 Hz) avec CT1 mesurant le courant du logement I_L1 / Fig. 3 — Global Single-Phase Installation (L1, 220 V, 50/60 Hz) with CT1 Measuring the Dwelling Current IL1

La Fig. 3 illustre l'adaptation de l'architecture pour les installations monophasées mondiales (Europe, Asie, Afrique, Amérique latine — 220/240 V, 50/60 Hz). Dans ce cas, un seul capteur CT1 mesure le courant du logement sur la phase L1. La formule de régulation devient : I_VE = min (I_max_EVSE, I_autorisé_VE, I_disponible_panneau), où I_disponible = 0,80 × I_disjoncteur_principal − IL1. Le principe de régulation proportionnelle via PWM/PILOT demeure identique à l'installation split-phase nord-américaine.

Fig. 3 illustrates the adaptation of the architecture for global single-phase installations (Europe, Asia, Africa, Latin America — 220/240 V, 50/60 Hz). In this case, a single sensor CT1 measures the dwelling current on phase L1. The regulation formula becomes: I_EV = min (I_max_EVSE, I_authorized_EV, I_available_panel), where I_available = 0.80 × I_main_breaker − IL1. The proportional regulation principle via PWM/PILOT remains identical to the North American split-phase installation.

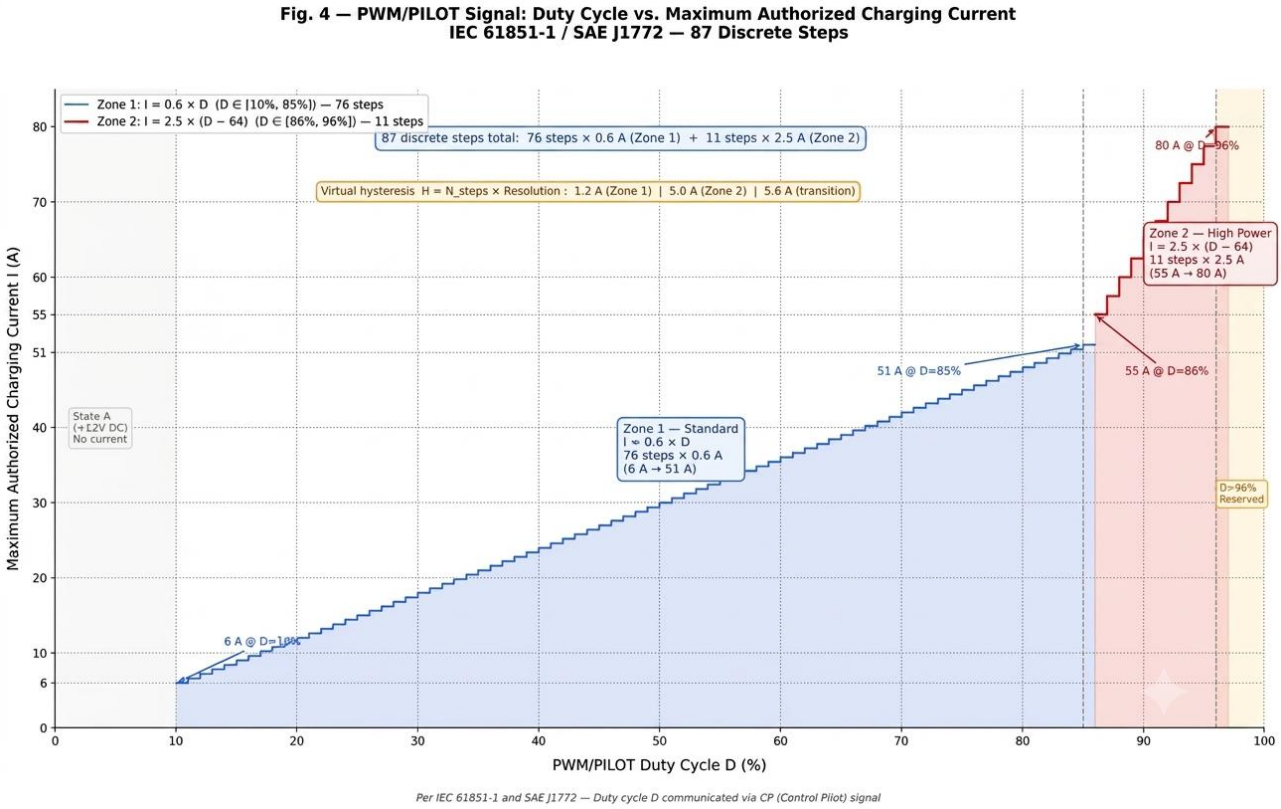


Fig. 4 — Signal PWM/PILOT : cycle de service vs courant maximum autorisé — IEC 61851-1 / SAE J1772, 87 paliers discrets / Fig. 4 — PWM/PILOT Signal: Duty Cycle vs. Maximum Authorized Charging Current — IEC 61851-1 / SAE J1772, 87 Discrete Steps

La Fig. 4 illustre le profil de régulation PWM/PILOT en 87 paliers discrets, conforme à IEC 61851-1 et SAE J1772. Zone 1 (D ∈ [10 %, 85 %]) : I = 0,6 × D — 76 paliers de 0,6 A chacun, de 6 A à 51 A. Zone 2 (D ∈ [86 %, 96 %]) : I = 2,5 × (D − 64) — 11 paliers de 2,5 A chacun, de 55 A à 80 A. La résolution fine de Zone 1 assure une régulation précise en conditions résidentielles normales ; Zone 2 couvre les installations haute performance (jusqu'à 80 A). Au-delà de D = 96 % : réservé par la norme.

Fig. 4 illustrates the PWM/PILOT regulation profile across 87 discrete steps, compliant with IEC 61851-1 and SAE J1772. Zone 1 (D ∈ [10%, 85%]): I = 0.6 × D — 76 steps of 0.6 A each, from 6 A to 51 A. Zone 2 (D ∈ [86%, 96%]): I = 2.5 × (D − 64) — 11 steps of 2.5 A each, from 55 A to 80 A. The fine resolution of Zone 1 ensures precise regulation under normal residential conditions; Zone 2 covers high-performance installations (up to 80 A). Above D = 96%: reserved by the standard.

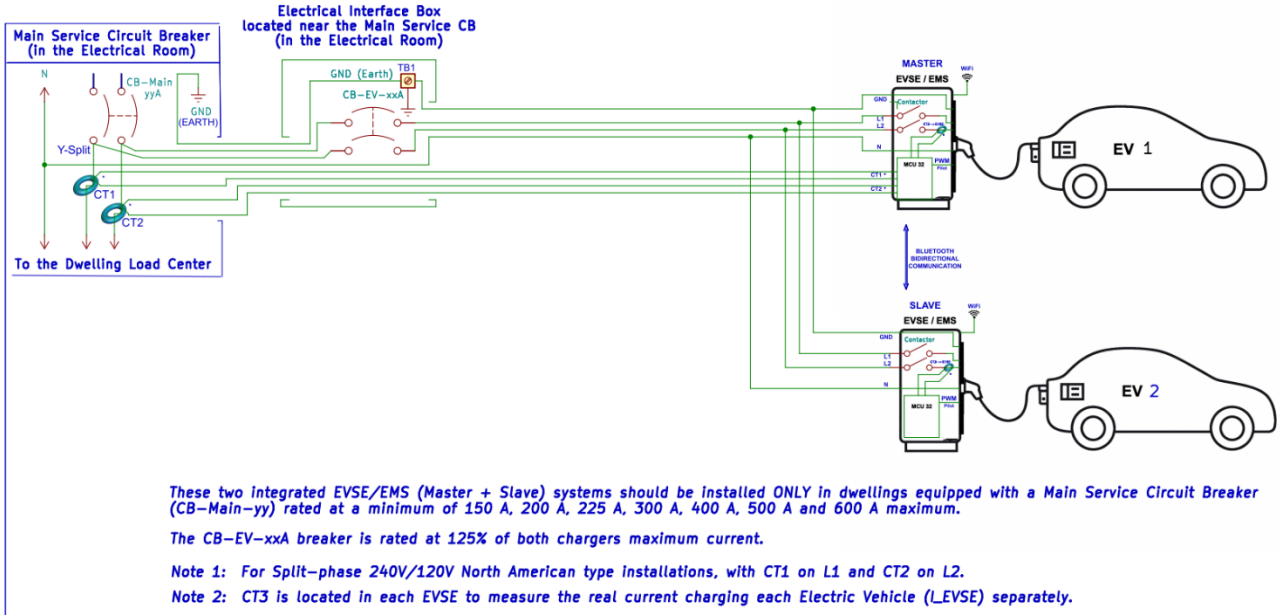
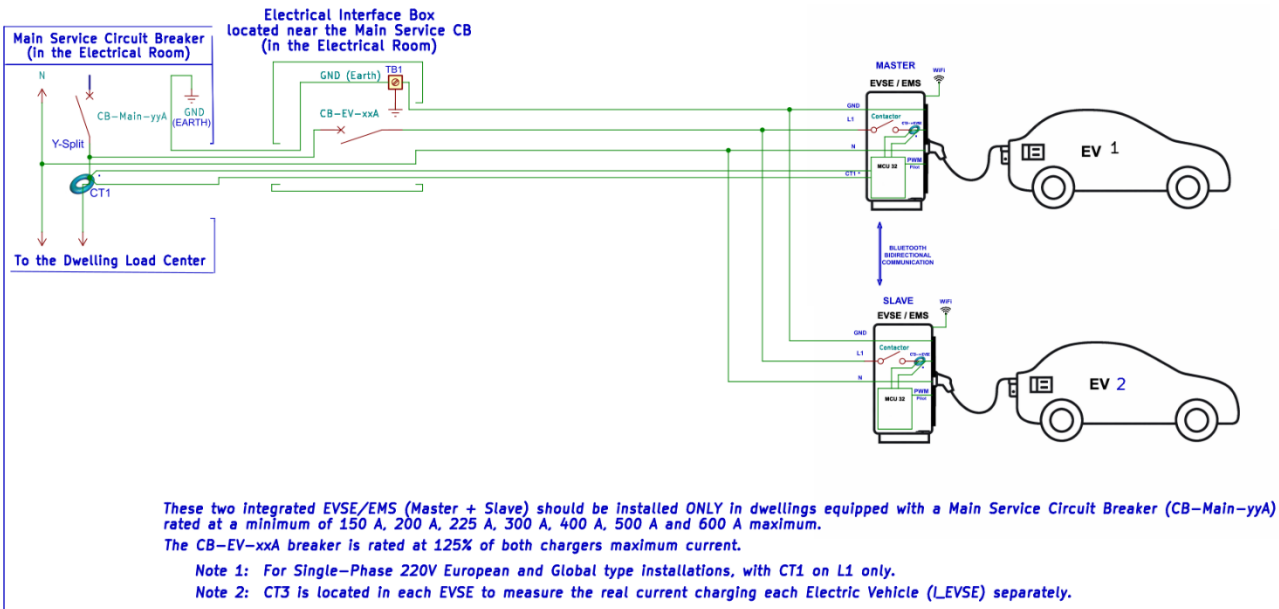


Fig. 5 — Architecture EVSE/EMS intégrée MASTER/SLAVE pour deux véhicules, installation nord-américaine split-phase (120/240 V, 60 Hz) / Fig. 5 — Integrated MASTER/SLAVE EVSE/EMS Architecture for Two Vehicles, North American Split-Phase (120/240 V, 60 Hz) Installation

La Fig. 5 illustre la configuration Master/Slave de deux unités EVSE/EMS intégrées, partageant un unique point de mesure Y-Split sur le service split-phase nord-américain (120/240 V, 60 Hz). Les capteurs CT1 (phase L1) et CT2 (phase L2) sont installés côté logement ; chaque unité EVSE embarque son propre CT3 en aval de son contacteur interne pour mesurer le courant fourni à son véhicule respectif. La communication bidirectionnelle Bluetooth entre le Master et le Slave permet une répartition coordonnée du courant disponible entre les deux véhicules, en temps réel et sans dépasser la limite de 80 % du disjoncteur principal. Cette configuration est réservée aux services d'au moins 150 A (jusqu'à 600 A maximum). Le disjoncteur EVSE commun CB-EV-xxA est calibré à 125 % du courant maximum des deux chargeurs cumulés.

Fig. 5 illustrates the Master/Slave configuration of two integrated EVSE/EMS units sharing a single Y-Split measurement point on the North American split-phase service (120/240 V, 60 Hz). Sensors CT1 (phase L1) and CT2 (phase L2) are installed on the dwelling side; each EVSE unit incorporates its own CT3 downstream of its internal contactor to measure the current delivered to its respective vehicle. Bidirectional Bluetooth communication between the Master and the Slave enables coordinated distribution of available current between the two vehicles, in real time and without exceeding the 80% main breaker limit. This configuration is reserved for services of at least 150 A (up to 600 A maximum). The common EVSE circuit breaker CB-EV-xxA is rated at 125% of the combined maximum current of both chargers.



These two integrated EVSE/EMS (Master + Slave) should be installed ONLY in dwellings equipped with a Main Service Circuit Breaker (CB–Main–yyA) rated at a minimum of 150 A, 200 A, 225 A, 300 A, 400 A, 500 A and 600 A maximum.

The CB–EV–xxA breaker is rated at 125% of both chargers maximum current.

Note 1: For Single–Phase 220V European and Global type installations, with CT1 on L1 only.

Note 2: CT3 is located in each EVSE to measure the real current charging each Electric Vehicle (I_EVSE) separately.

Fig. 6: Integrated Master–Slave Two EVSE/EMS for European and Global Single–Phase 220V 50Hz Installations

Fig. 6 — Architecture EVSE/EMS intégrée MASTER/SLAVE pour deux véhicules, installation monophasée européenne et mondiale (220 V, 50 Hz) / Fig. 6 — Integrated MASTER/SLAVE EVSE/EMS Architecture for Two Vehicles, European and Global Single-Phase (220 V, 50 Hz) Installation

La Fig. 6 illustre la configuration Master/Slave de deux unités EVSE/EMS intégrées pour installation monophasée européenne et mondiale (220 V, 50 Hz). Dans cette configuration, un unique capteur CT1 installé sur la phase L1 mesure le courant total du logement. Chaque unité EVSE embarque son propre CT3 pour la mesure indépendante du courant fourni à son véhicule. La communication bidirectionnelle Bluetooth entre le Master et le Slave assure une distribution coordonnée du courant disponible entre les deux véhicules en temps réel. Comme pour la Fig. 5, cette configuration est réservée aux services d'au moins 150 A. La formule de régulation devient : I_VE = min (I_max_EVSE, I_autorisé_VE, I_disponible_panneau), où I_disponible = 0,80 × I_disjoncteur_principal − IL1 − I_EVSE_slave. Le principe de régulation proportionnelle via PWM/PILOT demeure identique à la version split-phase.

Fig. 6 illustrates the Master/Slave configuration of two integrated EVSE/EMS units for European and global single-phase installations (220 V, 50 Hz). In this configuration, a single CT1 sensor installed on phase L1 measures the total dwelling current. Each EVSE unit incorporates its own CT3 for independent measurement of the current delivered to its respective vehicle. Bidirectional Bluetooth communication between the Master and the Slave ensures coordinated distribution of available current between both vehicles in real time. As with Fig. 5, this configuration is reserved for services of at least 150 A. The regulation formula becomes: I_EV = min (I_max_EVSE, I_authorized_EV, I_available_panel), where I_available = 0.80 × I_main_breaker − IL1 − I_EVSE_slave. The proportional regulation principle via PWM/PILOT remains identical to the split-phase version.

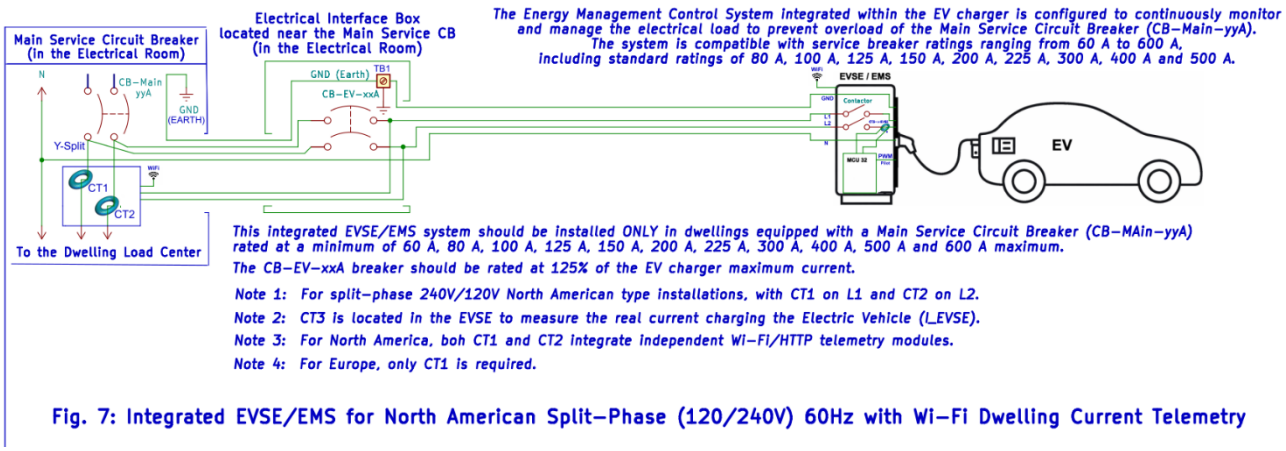


Fig. 7 — Architecture EVSE/EMS intégrée pour un seul véhicule avec télémétrie Wi-Fi/HTTPS du courant du logement, installation nord-américaine split-phase (120/240 V, 60 Hz) / Fig. 7 — Integrated EVSE/EMS Architecture for a Single Vehicle with Wi-Fi/HTTPS Dwelling Current Telemetry, North American Split-Phase (120/240 V, 60 Hz) Installation

La Fig. 7 illustre la variante de télémétrie Wi-Fi/HTTPS de l'architecture EVSE/EMS intégrée, pour les installations où l'unité EVSE est physiquement éloignée du panneau principal (ex. : garage souterrain, garage détaché). Dans cette configuration, CT1 et CT2 sont connectés à un module de communication Wi-Fi indépendant qui transmet les valeurs de courant du logement mesurées à l'unité de traitement EVSE via Wi-Fi ou protocole HTTPS. CT3 demeure intégré dans l'EVSE en aval du contacteur interne. Cette architecture étend le périmètre d'installation à tout calibre de disjoncteur principal de 60 A à 600 A, incluant les calibres standard 80 A, 100 A, 125 A, 150 A, 200 A, 225 A, 300 A, 400 A et 500 A, sans modifier la logique de régulation EMS. Pour l'Europe, un seul CT1 est utilisé.

Fig. 7 illustrates the Wi-Fi/HTTPS telemetry variant of the integrated EVSE/EMS architecture, for installations where the EVSE unit is physically remote from the main panel (e.g. underground parking, detached garage). In this configuration, CT1 and CT2 are connected to an independent Wi-Fi communication module that transmits the measured dwelling current values to the EVSE processing unit via Wi-Fi or HTTPS protocol. CT3 remains integrated within the EVSE, downstream of the internal contactor. This architecture extends the installation range to any main breaker rating from 60 A to 600 A, including standard ratings of 80 A, 100 A, 125 A, 150 A, 200 A, 225 A, 300 A, 400 A, and 500 A, without modifying the EMS regulation logic. For European installations, only a single CT1 is used.

5. ART ANTÉRIEUR ET APPORT INVENTIF

5.0 Portée juridique de la divulgation

La présente divulgation constitue un acte juridique délibéré et irrévocable de mise dans le domaine public, au sens du droit international de la propriété intellectuelle. Elle a pour effet d'établir une **antériorité documentée, datée et publiquement accessible** sur l'ensemble des éléments techniques décrits, énumérés ou raisonnablement inférables de ce document, à compter de la date de sa première publication.

Ce que cette divulgation protège — et pour qui. Elle ne protège pas un titulaire privé. Elle protège **le public** : tout fabricant, ingénieur, chercheur, installateur ou utilisateur qui souhaite librement mettre en œuvre, reproduire, améliorer ou commercialiser les principes décrits ici, sans demander d'autorisation à quiconque et sans risque de poursuite pour contrefaçon.

Effet juridique de l'antériorité. Toute demande de brevet déposée après la date de publication du présent document, portant sur un objet substantiellement identique, équivalent ou dérivé des principes ici divulgués, est **susceptible d'être rejetée pour défaut de nouveauté** dans la quasi-totalité des systèmes de brevets internationaux — notamment au titre de l'article 54 CBE (Office européen des brevets), du 35 U.S.C. § 102 (USPTO), et des dispositions équivalentes du PCT et des offices nationaux signataires.

Ce que cette divulgation ne fait pas. Elle ne constitue pas une renonciation aux droits moraux de l'auteur. Elle ne transfère pas de droits de brevet préexistants, s'il en existe. Elle ne crée pas de licence implicite sur des

5. PRIOR ART AND INVENTIVE CONTRIBUTION

5.0 Legal Scope of the Disclosure

This disclosure constitutes a deliberate and irrevocable legal act of dedication to the public domain, within the meaning of international intellectual property law. Its effect is to establish **documented, dated, and publicly accessible prior art** covering all technical elements described, enumerated, or reasonably inferable from this document, from the date of its first publication.

What this disclosure protects — and for whom. It does not protect a private rights-holder. It protects **the public**: any manufacturer, engineer, researcher, installer, or user who wishes to freely implement, reproduce, improve, or commercialize the principles described herein, without seeking permission from any party and without risk of infringement proceedings.

Legal effect of prior art. Any patent application filed after the publication date of this document, directed to subject matter that is substantially identical, equivalent, or derived from the principles disclosed herein, is **liable to be rejected for lack of novelty** under the patent systems of virtually all international jurisdictions — in particular under Article 54 EPC (European Patent Office), 35 U.S.C. § 102 (USPTO), and the equivalent provisions of the PCT and its national signatory offices.

What this disclosure does not do. It does not constitute a waiver of the author's moral rights. It does not transfer any pre-existing patent rights, if any exist. It does not create an implied license over any technical element not disclosed in this document. *This*

éléments techniques qui ne seraient pas divulgués dans ce document. *La présente divulgation a été déposée sur Zenodo.org et Archive.org afin de constituer une trace documentaire publique, horodatée et pérenne, accessible à tout examinateur, tribunal ou tiers souhaitant établir l'antériorité des principes techniques ici divulgués.*

Le signal PWM/PILOT est normalisé depuis 2001 (IEC 61851-1, SAE J1772). Il est ancien, universel et non revendicable comme invention.

Les systèmes antérieurs qui modulent directement la puissance AC ne sont pas conformes aux normes IEC 61851 / SAE J1772 et peuvent endommager les circuits PFC du chargeur embarqué.

Ce qui est nouveau dans l'invention

Cette invention se distingue de tous les systèmes connus à la date de cette divulgation :

• Thermolec / Recharge Véhicule Électrique (US 10,486,539 B2) : commutation par contacteur marche/arrêt, mesure en amont, délai de déclenchement de 20 secondes, récupération de 15 minutes, aucune régulation proportionnelle, aucune vérification CT3.

✓ *Statut vérifié (Google Patents, consulté juillet 2026) : demande déposée le 8 août 2017 (priorité provisoire du 9 août 2016, publication US 2018/0043786 A1), brevet délivré le 26 novembre 2019, actif, expiration prévue le 20 janvier 2038.*

• Black Box Innovations, (US 11 870 259 B2 / CA 3 145 330) **:** boîtier externe de commutation, installé en amont de l'EVSE, avec surveillance du courant au panneau principal. Le brevet prévoit, en option, une modulation directe de l'alimentation AC fournie à l'EVSE (« PWM power supply ») — un mécanisme distinct du signal pilote

disclosure has been deposited on Zenodo.org and Archive.org to constitute a public, timestamped, and permanent documentary record, accessible to any examiner, court, or third party wishing to establish the prior-art status of the technical principles disclosed herein.

The PWM/PILOT signal has been standardized since 2001 (IEC 61851-1, SAE J1772). It is well-established, universal, and not claimable as an invention.

Prior systems that directly modulate AC power do not comply with IEC 61851 / SAE J1772 and may damage the on-board charger PFC circuits.

What is new in this invention

This invention is distinguished from all systems known at the date of this disclosure:

• Thermolec / Recharge Véhicule Électrique (US 10,486,539 B2): ON/OFF contactor switching, upstream measurement, 20-second trip delay, 15-minute recovery, no proportional regulation, no CT3 verification.

✓ *Verified status (Google Patents, accessed July 2026): filed August 8, 2017 (provisional priority August 9, 2016, publication US 2018/0043786 A1), granted November 26, 2019, active, anticipated expiration January 20, 2038.*

• Black Box Innovations (US 11,870,259 / CA 3,145,330): external switching enclosure, installed upstream of the EVSE, with current monitoring at the main panel. The patent optionally provides for direct modulation of the AC power delivered to the EVSE ("PWM power supply") — a mechanism distinct from the standardized SAE J1772/IEC 61851-1

normalisé SAE J1772/IEC 61851-1, lequel ne peut être généré que par l'EVSE lui-même. Sans architecture Y-Split, sans CT3.

✓ Statut vérifié (Google Patents, consulté juillet 2026) : demande PCT déposée le 29 juin 2020 (priorité provisoire du 28 juin 2019, US 62/868 845) ; volet américain délivré le 9 janvier 2024 (US 11 870 259 B2), actif, expiration prévue le 29 juin 2040 ; volet canadien CA 3 145 330, déposé comme demande publiée le 30 décembre 2020, désormais délivré sous le numéro CA 3 145 330 C le 2 décembre 2025 (mise à jour par rapport au statut « en instance » antérieur), actif, expiration prévue le 29 juin 2040.

• Gadh et al., UC (US 9,290,104 B2) : distribution du signal PWM/PILOT entre plusieurs véhicules, aucune mesure des charges du logement, aucune reconstruction thermique du disjoncteur principal.

✓ Statut vérifié (Google Patents, consulté juillet 2026) : demande déposée le 24 août 2013 (priorité provisoire du 24 août 2012, publication US 2014/0062401 A1), brevet délivré le 22 mars 2016, actif, expiration prévue le 27 février 2034. Revendication 1 : appareil de recharge multiplexant la livraison du courant d'une source unique vers une pluralité de sorties, sans vérification physique indépendante du courant réel fourni (pas de CT3).

• Billmaier (US 2012/0319649 A1) : gestion de charge dynamique sans architecture Y-Split ni vérification physique indépendante par CT3.

✓ Statut vérifié (Google Patents, consulté juillet 2026) : cette publication est une continuation de la demande 13/047 761 (déposée le 14 mars 2011, devenue le brevet US 8 232 765 B2, expiré pour non-paiement de taxe) ; les revendications 1 à 11 de cette publication ont été annulées, la revendication indépendante 12 portant sur une station de recharge allouant le courant selon des enchères (« bids ») des usagers — mécanisme économique distinct de la

pilot signal, which can only be generated by the EVSE itself. Without Y-Split architecture, without CT3.

✓ Verified status (Google Patents, accessed July 2026): PCT application filed June 29, 2020 (provisional priority June 28, 2019, US 62/868,845); US branch granted January 9, 2024 (US 11,870,259 B2), active, anticipated expiration June 29, 2040; Canadian branch CA 3,145,330, published as an application on December 30, 2020, now granted as CA 3,145,330 C on December 2, 2025 (updated from the previously reported "pending" status), active, anticipated expiration June 29, 2040.

• Gadh et al., UC (US 9,290,104 B2): PWM/PILOT signal distribution among multiple vehicles, no dwelling load measurement, no main breaker thermal reconstruction.

✓ Verified status (Google Patents, accessed July 2026): filed August 24, 2013 (provisional priority August 24, 2012, publication US 2014/0062401 A1), granted March 22, 2016, active, anticipated expiration February 27, 2034. Claim 1: charging apparatus multiplexing current delivery from a single source to a plurality of outputs, with no independent physical verification of the actual current delivered (no CT3).

• Billmaier (US 2012/0319649 A1): dynamic load management without Y-Split architecture or independent CT3 physical verification.

✓ Verified status (Google Patents, accessed July 2026): this publication is a continuation of application 13/047,761 (filed March 14, 2011, issued as US 8,232,765 B2, now Expired-Fee Related); claims 1-11 of this publication were canceled, with independent claim 12 directed to a charging station allocating current according to customer "bids" — an economic bidding mechanism distinct from proportional PWM/PILOT regulation. Notably, this patent family

régulation proportionnelle PWM/PILOT. Important : cette famille de brevets demeure active et continue d'être poursuivie jusqu'en 2024-2026 (continuations US 8 648 566 B2, US 8 723 478 B2, US 9 937 812 B1, US 10 730 395 B2 et US 11 524 590 B2, toutes actives), avec une demande continuation US 2023/0398884 A1 toujours en instance et une nouvelle demande US 2024/0286515 A1 (cessionnaire Rainforest Automation, Inc.) déposée en 2024, elle aussi en instance.

remains active and continues to be prosecuted through 2024-2026 (continuations US 8,648,566 B2, US 8,723,478 B2, US 9,937,812 B1, US 10,730,395 B2, and US 11,524,590 B2, all active), with continuation application US 2023/0398884 A1 still pending and a further application US 2024/0286515 A1 (assignee Rainforest Automation, Inc.) filed in 2024, also pending.

• Hubbell Incorporated (EP 3,625,868 A1) : limitation de puissance intégrée sans vérification physique CT3 du courant réel fourni au véhicule.

✓ Statut vérifié (Google Patents, consulté juillet 2026) : demande déposée le 16 mai 2018 (priorité provisoire du 16 mai 2017) ; le volet européen EP 3 625 868 A1 (EP18801845.1A), publié le 25 mars 2020, demeure en instance (« pending »), désormais sous la désignation EP3625868A4 après rapport de recherche complémentaire ; le volet américain correspondant a toutefois été délivré le 5 juillet 2022 sous le numéro US 11 376 984 B2, actif, expiration prévue le 15 mai 2039, avec une nouvelle demande continuation US 2022/0332207 A1 (déposée le 1er juillet 2022) elle aussi en instance ; l'équivalent chinois CN 110 692 175 B est délivré et actif ; l'équivalent canadien CA 3 063 902 A1 demeure en instance.

• Hubbell Incorporated (EP 3,625,868 A1): integrated power limitation without CT3 physical verification of actual current delivered to the vehicle.

✓ Verified status (Google Patents, accessed July 2026): filed May 16, 2018 (provisional priority May 16, 2017); European branch EP 3,625,868 A1 (EP18801845.1A), published March 25, 2020, remains Pending, now under designation EP3625868A4 following a supplementary search report; the corresponding US branch, however, was granted July 5, 2022 as US 11,376,984 B2, active, anticipated expiration May 15, 2039, with a further continuation application US 2022/0332207 A1 (filed July 1, 2022) also pending; the Chinese equivalent CN 110,692,175 B is granted and active; the Canadian equivalent CA 3,063,902 A1 remains pending.

• Outwater & Redmann (CA 2 888 964 C) : système de gestion de bancs de bornes EVSE par file d'attente de recharge, avec bascule binaire entre deux états de délestage (limite agrégée normale / limite agrégée réduite en cas d'événement de délestage).

✓ Statut vérifié (Google Patents, consulté juillet 2026) : demande PCT déposée le 17 octobre 2013 (priorité provisoire du 19 octobre 2012, US 61/715 856), entrée en phase nationale le 17 avril 2015, brevet canadien délivré le 31 mai 2022, actif, expiration prévue le 17 octobre 2033.

• Outwater & Redmann (CA 2,888,964 C): queue-based management system for banks of EVSE stations, with a binary switch between two load-shed states (normal aggregate limit / reduced aggregate limit during a load-shed event).

✓ Verified status (Google Patents, accessed July 2026): PCT application filed October 17, 2013 (provisional priority October 19, 2012, US 61/715,856), national entry April 17, 2015, Canadian patent granted May 31, 2022, active, anticipated expiration October 17, 2033. Claim 1: a controller managing a

Revendication 1 : contrôleur gérant une pluralité de bornes EVSE dans un banc, sélectionnant un premier ou un second ensemble de bornes actives selon l'état de délestage, chaque ensemble limité par un plafond de tirage agrégé prédéterminé. Aucune vérification physique indépendante CT3 du courant livré à chaque véhicule, aucune régulation proportionnelle par paliers PWM/PILOT, aucune architecture Y-Split intégrée à une borne unique — architecture orientée gestion de parc de bornes plutôt qu'une unité EVSE/EMS intégrée.

Aucun de ces systèmes ne combine : régulation proportionnelle PWM/PILOT en boucle fermée, architecture Y-Split, vérification physique CT3, seuil adaptatif S*(t) et alimentation permanente du chargeur.

plurality of EVSEs in a bank, selecting a first or second set of active EVSEs depending on the load-shed state, each set capped by a predetermined aggregate draw limit. No independent CT3 physical verification of current delivered to each vehicle, no proportional stepwise PWM/PILOT regulation, no Y-Split architecture integrated into a single unit — a fleet/bank-management architecture rather than an integrated EVSE/EMS unit.

None of these systems combines: proportional PWM/PILOT closed-loop regulation, Y-Split architecture, CT3 physical verification, adaptive threshold S*(t), and permanent charger power supply.

Art antérieur / Prior Art	Apport inventif / Inventive Contribution
Signal PWM/PILOT normalisé (IEC 61851, depuis 2001) / Standardized PWM/PILOT signal (IEC 61851, since 2001)	Utilisé comme variable contrôlée d'une boucle fermée / Used as controlled variable in closed-loop control
Coupure ON/OFF externe / External ON/OFF switching	Régulation proportionnelle sur 87 paliers / Proportional regulation across 87 discrete steps
Mesure indirecte ou absente / Indirect or missing measurement	Vérification physique indépendante via CT3 / Independent physical verification via CT3
Boîtier EMS externe / External EMS enclosure	Architecture Y-Split intégrée / Integrated Y-Split architecture
Interruption AC — perte du WiFi, de l'OTA et de la télémétrie de l'EVSE (l'OTA du VÉ, indépendant, n'est pas affecté) / AC interruption — loss of the EVSE Wi-Fi, OTA, and telemetry (the EV independent OTA is unaffected)	Alimentation AC permanente / Permanent AC supply
Gestion par file d'attente, 2 seuils fixes de délestage, à l'échelle d'un parc de bornes (CA 2 888 964 C, Outwater & Redmann) / Queue-based management, 2 fixed load-shed thresholds, at station-fleet scale (CA 2,888,964 C, Outwater & Redmann)	Régulation continue sur 87 paliers PWM/PILOT propre à chaque unité EVSE intégrée, avec vérification CT3 indépendante / Continuous 87-step PWM/PILOT regulation specific to each integrated EVSE unit, with independent CT3 verification

5.1 Mise à jour du statut légal des brevets cités (juillet 2026)

Le statut légal de chacun des six brevets/familles de brevets cités ci-dessus a été vérifié individuellement auprès de Google Patents (données INPADOC), du CIPO (Office de la propriété intellectuelle du Canada) et de l'USPTO, en consultant directement les documents PDF des brevets ainsi que leurs pages de statut légal en ligne (consultation effectuée en juillet 2026).

Résumé :

(1) Thermolec / Recharge Véhicule Électrique US 10 486 539 B2 — actif, expire le 20 janvier 2038.

(2) Black Box Innovations US 11 870 259 B2 — actif, expire le 29 juin 2040 ; Black Box Innovations CA 3 145 330 — délivré le 2 décembre 2025 sous le numéro CA 3 145 330 C (mise à jour depuis le statut « demande en instance »), actif, expire le 29 juin 2040.

(3) Gadh et al. / Regents of the University of California US 9 290 104 B2 — actif, expire le 27 février 2034.

(4) Billmaier US 2012/0319649 A1 — famille de brevets active, poursuivie sans interruption jusqu'en 2024-2026, dont plusieurs continuations délivrées et actives, ainsi qu'une nouvelle demande déposée en 2024 (cessionnaire Rainforest Automation, Inc.) toujours en instance.

(5) Hubbell Incorporated — volet européen EP 3 625 868 A1 toujours en instance, mais volet américain délivré le 5 juillet 2022 sous le numéro US 11 376 984 B2, actif, expire le 15 mai 2039.

(6) Outwater & Redmann CA 2 888 964 C (nouvelle référence ajoutée) — actif, expire le 17 octobre 2033. Aucune information n'a été extrapolée ou supposée : toutes les dates et statuts ci-dessus proviennent directement des documents de brevet fournis et de leur page de statut légal officielle correspondante.

5.1 Legal Status Update of Cited Patents (July 2026)

The legal status of each of the six patents/patent families cited above was individually verified against Google Patents (INPADOC data), CIPO (Canadian Intellectual Property Office), and the USPTO, by directly consulting the patent PDF documents as well as their online legal-status pages (verification performed in July 2026).

Summary:

(1) Thermolec / Recharge Véhicule Électrique US 10,486,539 B2 — active, expires January 20, 2038.

(2) Black Box Innovations US 11,870,259 B2 — active, expires June 29, 2040; Black Box Innovations CA 3,145,330 — granted December 2, 2025, as per CA 3,145,330 C (updated from previously reported "pending application" status), active, expires June 29, 2040.

(3) Gadh et al. / Regents of the University of California US 9,290,104 B2 — active, expires February 27, 2034.

(4) Billmaier US 2012/0319649 A1 — patent family remains active, continuously prosecuted through 2024-2026, with several continuations granted and active, plus a new application filed in 2024 (assignee Rainforest Automation, Inc.) still pending.

(5) Hubbell Incorporated — European branch EP 3,625,868 A1 still pending, but the US branch was granted July 5, 2022, as per US 11,376,984 B2, active, expires May 15, 2039.

(6) Outwater & Redmann CA 2,888,964 C (new reference added) — active, expires October 17, 2033. No information was extrapolated or assumed: all dates and statuses above are drawn directly from the supplied patent documents and their corresponding official legal-status page.

5.2 Produits commerciaux sans brevet identifié

Trois produits commerciaux ont été examinés directement sur les sites web des fabricants, à la demande de l'auteur. Aucun brevet correspondant n'a été localisé pour ces produits au moment de la rédaction.

Elmec Inc. (Shawinigan, QC), sous la marque commerciale **EVduty**, propose un capteur de courant intelligent EVCCS200 : un capteur de type « clamp-on » unique (plage 0-200 A) installé au panneau électrique principal, qui transmet la lecture de courant en temps réel par Wi-Fi/Ethernet à une ou plusieurs bornes EVduty « intelligentes », lesquelles ajustent alors leur propre courant de recharge. Aucune vérification physique indépendante du courant réellement fourni au véhicule (pas d'équivalent CT3) n'est documentée, ni de régulation proportionnelle par paliers PWM/PILOT, ni d'architecture Y-Split intégrée.

FLO propose une fonction de gestion dynamique de la charge (Dynamic Load Management) qui répartit en temps réel la capacité électrique disponible entre bornes mises en réseau au moyen d'un « jumeau numérique » du système électrique du site, FLO s'est associé à EnergyHub pour la gestion de la réponse en amont, du côté distributeur. Il s'agit d'une solution réseau/logicielle conçue pour déploiement à l'échelle d'un site multi-bornes, non pas d'une architecture intégrée à une unité EVSE/EMS unique ; aucun brevet spécifique n'a été identifié pour cette fonctionnalité au cours de cette recherche.

5.2 Commercial Products Without an Identified Patent

Three commercial products were examined directly on the manufacturers' websites, at the author's request. No corresponding patent was located for either product at the time of writing.

Elmec Inc. (Shawinigan, QC), under the **EVduty** commercial brand, offers a smart current sensor, the EVCCS200: a single clamp-on sensor (0-200 A range) installed at the main electrical panel, which transmits real-time current readings via Wi-Fi/Ethernet to one or more "smart" EVduty charging stations, which then adjust their own charging current. No independent physical verification of the actual current delivered to the vehicle is documented (no CT3 equivalent), nor is any proportional stepwise PWM/PILOT regulation or integrated Y-Split architecture.

FLO offers a Dynamic Load Management function that distributes available electrical capacity across networked stations in real time using a "digital twin" of the site electrical system. FLO has partnered with EnergyHub for upstream utility-side demand response management. This is a network/software-level solution designed to be deployed across a multi-station site, not an architecture integrated into a single EVSE/EMS unit; no specific patent was identified for this functionality during this research.

Load Miser™ (Federal Pioneer et A.C. Dandy Products)

Le concept de commutateur automatique de priorité de charge, commercialisé sous le nom « Load Miser™ », constitue une antériorité commerciale distincte de celles déjà citées et mérite d'être documentée séparément en raison de sa continuité historique.

Federal Pioneer (modèle TLM) — origine du concept. Federal Pioneer fabriquait, sur commande spéciale, un commutateur appelé « Load Miser™ » (modèle TLM), destiné à prioriser l'alimentation d'un appareil essentiel (typiquement une cuisinière électrique) et à couper automatiquement le courant vers un appareil non essentiel (par exemple une sécheuse) lorsque la capacité du panneau électrique était insuffisante — un problème fréquent avec les anciens panneaux résidentiels de 60 A au Canada. Federal Pioneer a cessé la production de ce modèle en 2001, avant l'émergence des véhicules électriques grand public.

A.C. Dandy Products Ltd. — reprise de la marque et usage contemporain. Le nom « Load Miser » a ensuite été repris comme marque de commerce par A.C. Dandy Products Ltd., fondée en 1997 à Wetaskiwin (Alberta), qui fabrique et commercialise aujourd'hui le « Load Miser™ », un contrôleur diviseur d'énergie destiné aux économies de coûts et à la gestion de la capacité de service — notamment lors de l'ajout d'un spa ou d'une borne de recharge de véhicule électrique à un service électrique existant. L'appareil coupe l'alimentation d'un circuit non essentiel connecté à un circuit essentiel, avec un point de réglage ajustable de 5 A à 50 A selon le calibre du circuit en amont, la détection de courant s'effectuant sur une seule ligne (le circuit prioritaire).

Le produit « Load Miser™ » est activement commercialisé et distribué au Canada, notamment par Canada Breakers (versions

Load Miser™ (Federal Pioneer and A.C. Dandy Products)

The concept of an automatic load-priority switch, commercialized under the name "Load Miser," constitutes a commercial prior-art reference distinct from those already cited, and merits separate documentation because of its historical continuity.

Federal Pioneer (TLM model) — origin of the concept. Federal Pioneer manufactured, on special order, a switch called the "Load Miser" (TLM model), designed to prioritize power to an essential appliance (typically an electric stove) and automatically cut power to a non-essential appliance (for example, a dryer) whenever residential panel capacity was insufficient — a common issue with older 60 A residential panels in Canada. Federal Pioneer discontinued production of this model in 2001, prior to the emergence of mainstream electric vehicles.

A*.C. Dandy Products Ltd.* — trademark revival and contemporary use. The "Load Miser" name was subsequently revived as a trademark by A.C. Dandy Products Ltd., founded in 1997 in Wetaskiwin, Alberta, which today manufactures and markets the "Load Miser™", an energy-diverting controller intended for cost savings and service-capacity management — notably when adding a hot tub or an electric vehicle charger to an existing electrical service. The device cuts power to a non-essential circuit connected to an essential circuit, with an adjustable trip point from 5 A to 50 A depending on the upstream circuit rating, with current sensing performed on a single line (the priority circuit).

This product is actively marketed and distributed in Canada, notably by Canada Breakers (40 A, 50 A, and 60 A versions,

40 A, 50 A et 60 A, modèles D-LM-2, D-LM-3, D-LM-4) et par Bartle & Gibson.

Usage documenté pour la recharge d'un véhicule électrique — antérieur à août 2016 :

Un fil de discussion du forum public *My Nissan Leaf*, intitulé « Charging issue, electric panel is full, Load miser or $$$ » et daté du 30 janvier 2016 (My Nissan Leaf Forum Thread), documente la proposition, par un électricien professionnel, d'installer un Load Miser (A.C. Dandy Products) entre une cuisinière électrique (circuit essentiel) et un chargeur de véhicule électrique (circuit non essentiel) sur un panneau résidentiel de capacité insuffisante (200 A plein à capacité). Cette date précède d'environ six mois et demi le dépôt de la demande provisoire d'un des brevets mentionnés dans ce document.

Portée de cette antériorité :

Contrairement à l'architecture Y-Split (régulation proportionnelle en boucle fermée sur 87 paliers, avec vérification physique indépendante du courant réellement livré au véhicule via CT3), le « Load Miser™ » fonctionne selon un principe de commutation tout-ou-rien (ON/OFF) avec priorité fixe entre deux circuits, et sa détection de courant porte sur le circuit prioritaire lui-même plutôt que sur le courant total du panneau comparé à un ratio du calibre du disjoncteur principal. Cette antériorité établit néanmoins, sans ambiguïté, que l'application d'un mécanisme de gestion de charge par priorité à un contexte de recharge de véhicule électrique n'était en rien nouvelle avant 2016 — un fait pertinent pour quiconque chercherait à fonder la portée d'une revendication de brevet sur cette seule application.

Il est intéressant de noter que dès janvier 2016, des maîtres électriciens recommandaient déjà l'utilisation du Load Miser™ pour permettre l'ajout d'une borne de recharge de véhicule électrique sur un service résidentiel à capacité limitée. Ce dispositif — un contrôleur diviseur de charge tout-ou-rien fabriqué à l'origine par Federal Pioneer sous la désignation TLM (modèle

models D-LM-2, D-LM-3, D-LM-4) and by Bartle & Gibson.

Documented use for electric vehicle charging — prior to August 2016:

A thread on the public My Nissan Leaf forum, titled "Charging issue, electric panel is full, Load miser or $$$" and dated January 30, 2016 (My Nissan Leaf Forum Thread), documents a professional electrician's proposal to install a Load Miser (A.C. Dandy Products) between an electric stove (essential circuit) and an electric vehicle charger (non-essential circuit) on a residential panel of insufficient capacity (200 A fully loaded). This date precedes by roughly six and a half months the filing of the provisional application of one of the patents mentioned in this document.

Scope of this prior art:

Unlike the Y-Split architecture (closed-loop proportional regulation across 87 discrete steps, with independent physical verification of current actually delivered to the vehicle via CT3), the Load Miser™ operates on an ON/OFF switching principle with fixed priority between two circuits, and its current sensing targets the priority circuit itself rather than total panel current compared to a ratio of the main breaker rating. However, This prior art nonetheless establishes, unambiguously, that applying a load-priority management mechanism to an electric vehicle charging context was in no way new prior to 2016 — a fact relevant to anyone seeking to ground the scope of a patent claim on that application alone.

It is worth noting that as early as January 2016, licensed master electricians were already recommending the use of the Load Miser to permit the addition of an electric vehicle charging station on a residential service of limited capacity. This device — an ON/OFF load-priority controller originally manufactured by Federal Pioneer under the TLM designation (model D01T) — had long

D01T) — était bien connu des maîtres électriciens de longue date, sa période d'introduction coïncidant avec celle du programme Bi-énergie (1970-1980), auquel l'auteur a lui-même participé activement comme concepteur du contrôleur de charge TH-100 chez Thermolec Ltée durant cette même période. Federal Pioneer produisait par ailleurs des équipements électriques résidentiels et commerciaux au Canada des années 1950 jusqu'au début des années 2000, la fabrication du Load Miser™ ayant cessé en 2001, avant que la marque Load Miser™ ne soit reprise par A.C. Dandy Products. Ce recours, encore en 2016, à une technologie de commutation tout-ou-rien vieille de plusieurs décennies plutôt qu'à un système de régulation proportionnelle spécifiquement conçu pour la recharge VE illustre bien l'absence de solution dédiée sur le marché nord-américain à cette époque.

Sources :

1. *evduty.elmec.ca (fiche produit du capteur EVCCS200) ; elmec.ca. [juillet 2026]*
2. *flo.com et communiqués de presse EnergyHub/FLO. [juillet 2026]*
3. *My Nissan Leaf forum, fil « Charging issue, electric panel is full, Load miser or $$$ » (30 janvier 2016) ; acdandy.com (fiche produit Load Miser™) ; Canada Breakers (fiches produits D-LM-2, D-LM-3, D-LM-4) ; Bartle & Gibson (catalogue) ; article de Jon Eakes sur l'historique du Load Miser (Federal Pioneer TLM, arrêt de production 2001). [juillet 2026]*
4. *Ampstate Electric Corporation, « FPE (Federal Pioneer / Federal Pacific) » — ampstate.com ; Small's Electrical Services, « Why should I replace my discontinued and dangerous Federal Pioneer Panel? » — smallselectric.ca. [août 2026]*
5. *Témoignage professionnel de l'auteur — expérience directe au sein du programme Bi-énergie (1970-1980), conception du contrôleur TH-100 chez Thermolec Ltée.*

been well known to master electricians, its introduction period coinciding with that of the Bi-Energy program (1970–1980), in which the author himself actively participated as designer of the TH-100 load controller at Thermolec Ltée during that same period. Federal Pioneer also manufactured residential and commercial electrical equipment in Canada from the 1950s through the early 2000s, production of the Load Miser™ having ceased in 2001, before the Load Miser™ trademark was revived by A.C. Dandy Products. This continued reliance, as late as 2016, on decades-old ON/OFF switching technology rather than on a proportional regulation system specifically designed for EV charging illustrates well the absence of a dedicated solution on the North American market at that time.

Sources:

1. *evduty.elmec.ca (EVCCS200 product page); elmec.ca. [July 2026]*
2. *flo.com and EnergyHub/FLO press releases. [July 2026]*
3. *My Nissan Leaf forum thread, "Charging issue, electric panel is full, Load miser or $$$" (January 30, 2016); acdandy.com (Load Miser™ product page); Canada Breakers (D-LM-2, D-LM-3, D-LM-4 product sheets); Bartle & Gibson (catalog); Jon Eakes article on Load Miser history (Federal Pioneer TLM, discontinued 2001). [July 2026]*
4. *Ampstate Electric Corporation, "FPE (Federal Pioneer / Federal Pacific)" — ampstate.com; Small's Electrical Services, "Why should I replace my discontinued and dangerous Federal Pioneer Panel?" — smallselectric.ca. [August 2026]*
5. *Professional testimony of the author — direct experience within the Bi-Energy program (1970–1980), design of the TH-100 load controller at Thermolec Ltée.*

5.3 Revue critique des brevets de l'art antérieur

L'analyse critique qui suit constitue l'opinion technique professionnelle de l'auteur, formée à partir des seules spécifications publiques des brevets cités, et ne constitue pas une détermination d'invalidité, laquelle relève exclusivement des offices de brevets compétents ou des tribunaux.

Premier point — La mesure de courant global et la détection d'un seuil de capacité, prises isolément et indépendamment du type de charge visée : est-ce vraiment novateur ?

La mesure du courant global d'un circuit de service protégé par un disjoncteur principal — bipolaire en Amérique du Nord, unipolaire ailleurs — à l'aide d'un ou de deux transformateurs de courant n'est pas, en soi, une technique novatrice. Cette méthode est utilisée depuis les années 1970 dans plusieurs des premiers dispositifs de gestion de charge et de contrôle de la demande, destinés à protéger les disjoncteurs d'entrée de service résidentiels de faible capacité, en empêchant une nouvelle charge électrique de faire dépasser la demande totale au-delà d'un seuil de sécurité prédéterminé.

Cette lecture du courant de service total, combinée à la détection d'une capacité disponible insuffisante pour une charge donnée, constitue l'élément central de la revendication principale (indépendante) de plusieurs brevets du domaine — bien que le mécanisme précis de seuil varie d'un brevet à l'autre.

Dans certains cas, le seuil est exprimé comme un ratio fixe et prédéterminé du calibre nominal du disjoncteur de service (par exemple 80 %, ce pourcentage précis n'étant généralement spécifié qu'à titre de revendication dépendante). Dans d'autres cas, le seuil est plutôt dynamique, comparant la capacité excédentaire disponible au

5.3 Critical Review of Prior Art Patents

The critical analysis that follows constitutes the author's professional technical opinion, formed solely from the public specifications of the cited patents, and does not constitute a determination of invalidity, which falls exclusively within the jurisdiction of the competent patent offices or courts.

First Point — Aggregate Current Sensing and Capacity-Threshold Detection, Considered in Isolation and Independently of the Load Type Involved: Is This Really Novel?

Measuring aggregate current on a service circuit protected by a main breaker — two-pole in North America, single-pole elsewhere — using one or two current transformers is not a novel technique. This method has been used since the 1970s in many early load-management and demand-control devices that were intended to protect residential service-entrance breakers of limited capacity, by preventing a new electrical load from pushing total demand beyond a predetermined safety threshold.

This total service current reading, combined with detection of insufficient available capacity for a given load, constitutes the central element of the main (independent) claim of several patents in the field — although the precise threshold mechanism varies between patents.

In some cases, the threshold is expressed as a fixed, predetermined ratio of the service breaker rated value (e.g., 80%, with this specific percentage typically specified only in a dependent claim). In other cases, the threshold is dynamic, comparing available excess capacity to the specific current required by the device to be powered, with no fixed predetermined ratio.

courant requis spécifique du dispositif à alimenter, sans ratio fixe prédéterminé.

Dans les deux cas cependant, le principe sous-jacent — mesurer le courant global du service et en déduire une capacité disponible pour une charge supplémentaire — reprend une pratique déjà établie depuis plusieurs décennies dans les dispositifs de protection de panneau résidentiel, ce qui invite à circonscrire plus étroitement la portée des revendications principales visées et, par extension, celle des revendications dépendantes qui en découlent.

Ce qui distingue le système décrit dans le présent document n'est donc pas la mesure de courant ou la détection d'une capacité disponible — déjà connues sous plusieurs formes — mais l'architecture de régulation en boucle fermée, continuellement proportionnelle et finement graduée, appliquée à cette mesure.

Deuxième point — La modulation temporelle du courant alimentant l'EVSE, formulée de façon générale, pourrait refléter une transposition d'une technique propre au chauffage électrique

Dans certains brevets du domaine, une revendication dépendante mentionne une unité de modulation régulant la puissance fournie à la charge en fonction du courant total mesuré, décrite de façon générique comme une « modulation temporelle (ou pulsation, ou équivalent) », sans préciser le mécanisme de commutation employé. Cette généralité mérite d'être relevée : dans les cas où l'un des titulaires du brevet exerce historiquement dans la fabrication d'éléments chauffants résistifs et des contrôleurs de puissance correspondants, la formulation retenue laisse ouverte la possibilité que le mécanisme envisagé corresponde à une transposition de techniques déjà maîtrisées dans ce domaine adjacent — typiquement une commutation par cycles entiers synchronisée au passage à zéro du courant (zero-crossing control / burst-fire control), technique bien établie pour réguler la

In both cases, however, the underlying principle — measuring aggregate service current and deriving from it an available capacity allowance for an additional load — reproduces a practice already well established for decades in residential panel-protection devices, which invites a narrower reading of the scope of the main claims concerned, and by extension that of the dependent claims derived from them.

What distinguishes the system described in this document is therefore not current sensing or available capacity detection — both already known in several forms — but the closed-loop, continuously proportional, finely graduated regulation architecture applied to that measurement.

Second Point — The Broadly Worded Time Modulation of the EVSE Supply Current May Reflect a Transposition of a Technique Specific to Electrical Heating

In certain patents in the field, a dependent claim refers to a modulation unit regulating delivered charge power based on measured total current, described generically as "time modulation (or pulsing, or the like)," without specifying the switching mechanism used. This generality is worth noting: where one of the patent holders is historically active in manufacturing resistive heating elements and their corresponding power controllers, the wording chosen leaves open the possibility that the mechanism envisioned corresponds to a transposition of techniques already established in that adjacent field — typically zero-crossing-synchronized burst-fire control, a well-established technique for regulating the power delivered to a resistive heating element.

puissance fournie à un élément chauffant résistif.

Or, un EVSE n'est pas un élément chauffant résistif, et n'effectue généralement pas lui-même la conversion CA-CC. Pour la majorité des chargeurs de niveau 2 modernes (240 Vac, biphasé), c'est le chargeur embarqué du VÉ qui effectue le redressement et la correction du facteur de puissance (PFC), à partir d'une onde sinusoïdale supposée propre, continue et non tronquée.

L'interruption périodique du courant alternatif en amont d'un tel étage PFC introduirait des risques de distorsion harmonique, de transitoires, de perte de régulation, voire de déclenchement des protections internes du chargeur embarqué du VÉ — un comportement sans conséquence pour un élément résistif, mais potentiellement dommageable pour des systèmes tels que des chargeurs de batterie intelligents ou des dispositifs de conversion de puissance électroniques. Un tel risque de distorsion harmonique entrerait par ailleurs directement en conflit avec les exigences d'immunité à la distorsion harmonique et aux transitoires électriques rapides imposées aux EVSE par les normes de sécurité électrique en vigueur au Canada et aux États-Unis (UL 2594, harmonisée à la norme CSA C22.2 No. 280).

L'absence de précision technique dans la revendication ne protège donc pas cette variante contre l'examen : elle laisse plutôt supposer une reconduction, sans adaptation démontrée, d'une méthode conçue pour un tout autre type de charge que celle d'un VÉ — une méthode qui, en pratique, pourrait ne pas satisfaire aux exigences normatives nord-américaines applicables.

Troisième point — Une convergence indépendante révèle un manque de rigueur technique répandu dans le domaine

Il est révélateur qu'un second brevet, émanant d'un autre titulaire sans lien avec le domaine du chauffage résistif, mentionne lui

An EVSE, however, is not a resistive heating element, and generally does not perform the AC-to-DC conversion itself. For most modern Level 2 chargers (240 Vac, split-phase), it is the EV on-board charger that performs rectification and power-factor correction (PFC), operating on the assumption of a clean, continuous, and untruncated sinusoidal waveform.

Periodically interrupting the AC current upstream of such a PFC stage would introduce risks of harmonic distortion, transients, loss of regulation, or triggering of the EV on-board charger's internal protections — a behavior of no consequence for a resistive element, but potentially harmful for smart battery charging systems and power-electronics conversion devices. Such a harmonic distortion risk would, moreover, directly conflict with the harmonic-distortion and electrical fast-transient immunity requirements imposed on EVSE by the electrical safety standards in effect in both Canada and the United States (UL 2594, harmonized with CSA C22.2 No. 280).

The lack of technical precision in the claim therefore does not shield this variant from scrutiny: it rather suggests a continuation, without demonstrated adaptation, of a method designed for a substantially different load type than an EV — a method which, in practice, might not meet applicable North American regulatory requirements.

Third Point — An Independent Convergence Reveals a Widespread Gap in Technical Rigor in the Field

It is telling that a second patent, from another holder with no apparent connection to the resistive heating field, likewise refers — this

aussi — cette fois dans sa description plutôt que dans ses revendications — une régulation de puissance par PWM ou par gradation proportionnelle à haute résolution comme simple option de mise en œuvre, sans qu'aucune analyse technique n'accompagne cette mention quant à la compatibilité d'une telle méthode avec un chargeur de VÉ embarqué avec PFC.

Deux origines indépendantes aboutissant à la même omission illustrent une reconduction non vérifiée d'un choix technique d'un dépôt à l'autre dans la littérature des brevets du domaine, sans que sa validité fasse l'objet d'une analyse indépendante.

Conclusion

En définitive, ce type de brevet réunit, dans le domaine de la recharge de véhicules électriques, des techniques déjà connues séparément dans des domaines connexes mais distincts — la protection de panneau résidentiel par mesure de courant global et les techniques de modulation de puissance historiquement propres au chauffage électrique résistif — sans démontrer d'activité inventive propre à la recharge de VÉ elle-même, qui implique des dispositifs de conversion de puissance électronique avancés (charges actives non linéaires).

time in its specification rather than in its claims — to power regulation through PWM or high-resolution proportional gradation as a mere implementation option, without any accompanying technical analysis of that method's compatibility with an on-board EV charger equipped with PFC.

Two independent origins arriving at the same omission illustrate an unverified carryover of a technical choice from one filing to the next in the patent literature of this field, without its validity ever being subjected to independent analysis.

Conclusion

Ultimately, this type of patent brings together, within the field of electric-vehicle charging, techniques already known separately in adjacent but distinct fields — residential panel protection through aggregate current measurement, and power modulation techniques historically specific to resistive electric heating — without demonstrating an inventive step specific to EV charging itself, which involves advanced electronic power conversion devices (non-linear active loads).

5.4 Équivalents techniques, variantes et implémentations futures

La présente divulgation n’est pas limitée aux composants, protocoles, architectures, technologies, méthodes ou exemples spécifiquement décrits dans ce document. Les principes exposés s’appliquent à toute architecture équivalente permettant de mesurer, estimer, calculer, communiquer, réguler, superviser ou optimiser le courant de recharge d’un véhicule électrique dans le but de protéger une installation électrique contre toute surcharge.

Les méthodes d’implémentation suivantes devraient notamment être considérés comme des équivalents techniques aux fins de la présente divulgation.

• Tout type de capteur de courant, de puissance ou d’énergie, analogique, numérique, physique, virtuel, logiciel, direct ou indirect.

• Toute méthode de mesure, d’estimation, de calcul, de reconstruction, de validation, de prédiction ou de vérification du courant consommé par un véhicule électrique.

• Toute technologie de communication filaire, sans fil, optique, radiofréquence, réseautique ou autre technologie future permettant l’échange d’informations entre un véhicule, un EVSE, un EMS ou tout autre équipement associé.

• Tout protocole ouvert, normalisé, propriétaire ou futur permettant l’échange de données de commande, de mesure, de télémétrie ou de supervision.

• Tout microcontrôleur, processeur, FPGA, ASIC, automate programmable, ordinateur embarqué ou toute autre plateforme de calcul exécutant les fonctions décrites dans le présent document.

• Toute méthode de filtrage, d’étalonnage, de compensation, d’estimation, de prédiction, d’optimisation, d’apprentissage automatique, d’intelligence artificielle ou toute autre

5.4 Technical Equivalents, Variants and Future Implementations

The present disclosure is not limited to the specific components, protocols, architectures, technologies, methods, or examples explicitly described in this document. The principles disclosed herein apply to any equivalent architecture capable of measuring, estimating, calculating, communicating, regulating, supervising, or optimizing electric-vehicle charging current for the purpose of protecting an electrical installation against overload conditions.

The following implementation methods should be considered technical equivalents for the purposes of this disclosure.

• Any type of current, power, or energy sensor, whether analog, digital, physical, virtual, software-based, direct, or indirect.

• Any method of measuring, estimating, calculating, reconstructing, validating, predicting, or verifying the charging current consumed by an electric vehicle.

• Any wired, wireless, optical, radiofrequency, network-based, or future communication technology enabling the exchange of information between a vehicle, an EVSE, an EMS, or any associated equipment.

• Any open, standardized, proprietary, or future protocol enabling the exchange of control, measurement, telemetry, or supervisory data.

• Any microcontroller, processor, FPGA, ASIC, programmable controller, embedded computer, or equivalent computing platform implementing the functions described herein.

• Any filtering, calibration, compensation, estimation, prediction, optimization, machine-learning, artificial-intelligence, or other

méthode de calcul appliquée à la gestion de charge.

• Toute architecture électrique monophasée, split-phase, biphasée, triphasée, multi phasée ou multi-services.

• Toute technologie de recharge conductrice, inductive, capacitive, automatisée, robotisée, sans fil ou toute autre technologie de recharge future.

• Toute implémentation matérielle, logicielle, micro logicielle (firmware), infonuagique (cloud), distribuée, virtualisée ou hybride réalisant les mêmes fonctions que celles décrites dans le présent document.

Les exemples, figures, schémas, équations, algorithmes et modes de réalisation présentés dans cette divulgation sont fournis à titre illustratif et explicatif uniquement et ne devraient pas être interprétés comme limitant la portée technique des principes divulgués.

Toute implémentation, modification, adaptation, amélioration, optimisation, combinaison, extension ou évolution technologique future qui réalise substantiellement la même fonction, selon un mode opératoire substantiellement équivalent, et produit substantiellement le même résultat que le système décrit dans le présent document, devrait être considérée comme faisant partie de la présente divulgation technique aux fins de l'établissement de l'antériorité.

La présente divulgation inclut également les variantes actuellement connues ainsi que celles qui pourront être développées ultérieurement par l'évolution normale de la technique, dès lors qu'elles reposent sur les mêmes principes fondamentaux de gestion dynamique de charge, de protection adaptative d'installation électrique ou de limitation intelligente du courant de recharge.

computational method applied to load management.

• Any single-phase, split-phase, two-phase, three-phase, multi-phase, or multi-service electrical architecture.

• Any conductive, inductive, capacitive, automated, robotic, wireless, or future charging technology.

• Any hardware, software, firmware, cloud-based, distributed, virtualized, or hybrid implementation performing the same functions as those described in this document.

The examples, figures, diagrams, equations, algorithms, and embodiments presented in this disclosure are provided for illustrative and explanatory purposes only and should not be construed as limiting the technical scope of the disclosed principles.

Any implementation, modification, adaptation, improvement, optimization, combination, extension, or future technological evolution that performs substantially the same function, in a substantially equivalent manner, and achieves substantially the same result as the system described herein should be considered encompassed by the present technical disclosure for the purpose of establishing prior art.

This disclosure further includes not only presently known variants, but also future variants arising from the ordinary evolution of technology, if they rely upon the same fundamental principles of dynamic load management, adaptive electrical-installation protection, or intelligent charging-current limitation.

5.5 Contexte réglementaire québécois (mars 2026)

Le 11 mars 2026, la Gazette officielle du Québec a publié une mise à jour du Chapitre V, Électricité, du Code de construction du Québec, entrée en vigueur le 26 mars 2026, introduisant la notion de « contrôleur local » — un système de gestion de l'énergie des véhicules électriques (SGÉVÉ) dont la prise de décision de sécurité électrique est faite localement, en tout temps, même lorsque la connectivité fait défaut (article 8-106, al. 11 ; article 8-500).

L'architecture Y-Split EVSE+EMS décrite dans le présent document, de par sa conception fondée sur une régulation locale, autonome et sans dépendance à une connexion réseau, correspond au principe de fonctionnement défini par cette réglementation.

Cette correspondance est notée ici à titre informatif et pour fins d'antériorité documentée ; elle ne constitue pas une déclaration de conformité réglementaire ni de certification. Le Code précise que tout système invoquant l'assouplissement du calcul de charge prévu à l'article 8-106 doit être certifié conjointement avec la borne selon la norme CSA C343:25 ou équivalent — certification qui n'a pas été effectuée pour l'architecture décrite dans ce document.

5.5 Quebec Regulatory Context (March 2026)

On March 11, 2026, the Gazette officielle du Québec published an update to Chapter V, Electricity, of the Quebec Construction Code, effective March 26, 2026, introducing the concept of a "local controller" — an electric vehicle energy management system (EVEMS) whose electrical safety decisions are made locally, at all times, even when connectivity is unavailable (Article 8-106, para. 11; Article 8-500).

The Y-Split EVSE+EMS architecture described in this document, by virtue of its design based on local, autonomous regulation independent of network connectivity, corresponds in principle to the operating definition set out in this regulation.

This correspondence is noted here for informational purposes and documented prior art; it does not constitute a declaration of regulatory compliance or certification. The Code specifies that any system invoking the load-calculation allowance under Article 8-106 must be jointly certified with the charging equipment under CSA C343:25 or equivalent — certification which has not been undertaken for the architecture described in this document.

6. CE QUE LE FABRICANT DE CHARGEURS EVSE CONFORMES AUX NORMES DEVRAIT INTÉGRER

Cette divulgation met à la disposition du fabricant :

- l'architecture complète Y-Split,
- les algorithmes de régulation et seuils adaptatifs,
- la logique de reconstruction du courant total,
- la commande PWM/PILOT en boucle fermée et ses 87 paliers,
- les références normatives applicables (IEC 61851, SAE J1772, NEC/CEC).

Le fabricant devrait :

- intégrer CT3 en aval du contacteur interne du chargeur de l'EVSE,
- prévoir CT1 et CT2 sur les phases du logement,
- implémenter la commande PWM/PILOT en boucle fermée,
- intégrer S*(t) et le seuil critique adaptatif,
- maintenir l'alimentation AC en permanence,
- assurer une connectivité sécurisée via TLS 1.2/1.3,
- prévoir les mises à jour OTA (Over-The-Air) sans intervention physique,
- intégrer la télémétrie et la supervision IoT à distance,
- respecter IEC 61851 / SAE J1772.

6. WHAT A STANDARD-COMPLIANT EVSE MANUFACTURER SHOULD IMPLEMENT

This disclosure provides the manufacturer with:

- the complete Y-Split architecture,
- regulation algorithms and adaptive thresholds,
- total current reconstruction logic,
- the closed-loop PWM/PILOT control and its 87 steps,
- applicable normative references (IEC 61851, SAE J1772, NEC/CEC).

The manufacturer should:

- integrate CT3 downstream of the EVSE charger internal contactor,
- provide CT1 and CT2 on the dwelling phase conductors,
- implement the closed-loop PWM/PILOT control,
- integrate S*(t) and the adaptive critical threshold,
- maintain a permanent AC supply,
- enforce a secure connectivity via TLS 1.2/1.3,
- support OTA (Over-The-Air) firmware updates without physical access,
- integrate IoT telemetry and remote monitoring,
- comply with IEC 61851 / SAE J1772.

7. CONDITIONS PRÉALABLES À L'INSTALLATION

7.0 Guide d'installation rapide — EVSE+EMS

① Évaluer le service électrique existant
Lire le calibre du disjoncteur principal (ex. : 60 A, 100 A, 125 A, 200 A). → Valeur à programmer à l'étape ⑥.

② Choisir le disjoncteur EVSE

• 50 A → installation économique (service 60–90 A, I_max_EVSE = 40 A)

• 100 A → haute performance (service 100–200 A, I_max_EVSE = 80 A)

③ Installer CT1 et CT2 — côté logement
CT1 sur phase L1, CT2 sur phase L2 — sur les conducteurs du logement, en amont de la dérivation EVSE (architecture Y-Split).

④ Installer CT3 — dans l'EVSE
En aval du contacteur interne. Mesure le courant réellement fourni au véhicule, indépendamment du signal PWM/PILOT.

⑤ Raccorder l'unité EVSE+EMS
Selon NEC/CEC et les instructions du fabricant. Alimentation AC permanente — ne pas interrompre l'alimentation du chargeur.

⑥ Programmer une seule valeur
Calibre du disjoncteur principal du logement (ex. : 100 A). Une seule fois, à la mise en service. Tout le reste est automatique.

⑦ Vérifier — règle des 80 %
Confirmer : I_logement + I_EVSE ≤ 0,80 × calibre disjoncteur principal. Le système gère cela automatiquement en temps réel.

7. PRE-INSTALLATION CONDITIONS

7.0 Quick Installation Guide — EVSE+EMS

① Assess the existing electrical service
Read the main circuit breaker rating (e.g. 60 A, 100 A, 125 A, 200 A). → Value to program at step ⑥.

② Select the EVSE circuit breaker

• 50 A → economical installation (60–90 A service, I_max_EVSE = 40 A)

• 100 A → high-performance (100–200 A service, I_max_EVSE = 80 A)

③ Install CT1 and CT2 — dwelling side
CT1 on phase L1, CT2 on phase L2 — on dwelling conductors, upstream of the EVSE branch (Y-Split architecture).

④ Install CT3 — inside the EVSE
Downstream of the internal contactor. Measures actual current delivered to the vehicle, independently of the PWM/PILOT signal.

⑤ Connect the EVSE+EMS unit
Per NEC/CEC and manufacturer instructions. Permanent AC supply — do not interrupt charger power.

⑥ Program one single value
Main circuit breaker rating of the dwelling (e.g. 100 A). Once only, at commissioning. Everything else is automatic.

⑦ Verify — 80% rule
Confirm: I_dwelling + I_EVSE ≤ 0.80 × main breaker rating. The system manages this automatically in real time.

Fonctionnement autonome hors ligne intégral

La régulation proportionnelle, la protection thermique adaptative, le verrouillage persistant et la journalisation des événements fonctionnent sans aucune connexion réseau. La connectivité Wi-Fi/IoT est utilisée exclusivement pour la télémétrie, la supervision à distance et la transmission des alertes — elle n’est jamais une condition au fonctionnement de sécurité du système.

Full autonomous offline operation

Proportional regulation, adaptive thermal protection, persistent lockout, and event logging all function without any network connection. Wi-Fi/IoT connectivity is used exclusively for telemetry, remote monitoring, and alert transmission — it is never a prerequisite for the system safety functions.

FICHE PERMANENTE D'INSTALLATION — EVSE+EMS

1. IDENTIFICATION DU SITE

Adresse _____

Unité _____

Ville, Province/État, Pays _____

Courriel administrateur logement _____

2. INSTALLATION ÉLECTRIQUE

Calibre du service principal (A) _____

Architecture ☐ Monophasé ☐ Split-phase ☐ Triphasé

Nombre de VÉ ☐ 1 VÉ ☐ 2 VÉ

3. MAÎTRE ÉLECTRICIEN

Nom _____

Licence _____

Entreprise _____

Courriel _____

Permis municipal _____

Signature + date _____

4. IDENTIFIANT DE L'APPAREIL

N° série EVSE _____

Date programmation Bluetooth _____

Fig. 8a — Fiche permanente d'installation de l'EVSE+EMS

PERMANENT INSTALLATION RECORD — EVSE+EMS

1. SITE IDENTIFICATION

Address _____

Unit # _____

City, Province/State, Country _____

Building management e-mail _____

2. ELECTRICAL INSTALLATION

Main service rating (A) _____

Architecture ☐ Single-phase ☐ Split-phase ☐ 3-phase

Number of EVs ☐ 1 EV ☐ 2 EVs

3. MASTER ELECTRICIAN

Name _____

License # _____

Company _____

E-mail _____

Permit # _____

Signature + date _____

4. DEVICE IDENTIFIER

EVSE Serial # _____

Bluetooth programming date _____

Fig. 8b — EVSE+EMS Permanent Installation Record

7.1 Évaluation obligatoire par un maître électricien

Avant toute installation d'un chargeur EVSE+EMS, un maître électricien devrait évaluer la capacité réelle de l'installation existante. Cette évaluation est une condition non négociable de sécurité et de conformité réglementaire (NEC/CEC).

7.2 Entrée manuelle obligatoire à la mise en service

L'installateur devrait programmer une seule valeur dans le chargeur :

- le calibre du disjoncteur principal du logement (ex. : 60 A, 100 A, 125 A, 200 A) — valeur unique, programmée une seule fois.

Cette valeur unique définit le cadre opérationnel du système. Le calibre du disjoncteur EVSE est connu du chargeur par construction. Le courant maximum accepté par le véhicule est négocié automatiquement via le signal PWM/PILOT. Tout le reste est automatique et adaptatif.

7.3 Limite physique absolue — disjoncteur principal

Le système est conçu pour des installations dont le disjoncteur principal est de 60 A ou plus. En deçà de ce seuil, la marge continue disponible (80 % du calibre) ne permet généralement pas une recharge utile en présence de charges domestiques, et l'installation devrait être évaluée au cas par cas par un maître électricien.

Le système EMS intégré est intelligent, mais il ne peut pas créer de capacité électrique inexistante. La règle fondamentale est :

Le courant total du logement + le courant du chargeur ne devrait pas dépasser 80 % du calibre du disjoncteur principal.

Le disjoncteur EVSE choisi par le maître électricien définit le plafond absolu du système. C'est la seule décision de

7.1 Mandatory Evaluation by a Master Electrician

Prior to any EVSE+EMS installation, a master electrician should assess the actual capacity of the existing electrical installation. This evaluation is a non-negotiable condition of safety and regulatory compliance (NEC/CEC).

7.2 Mandatory Manual Entry at Commissioning

The installer should program a single value into the charger:

- the main circuit breaker rating of the dwelling (e.g., 60 A, 100 A, 125 A, 200 A) — single value, programmed once at commissioning.

This single value defines the operational framework of the system. The EVSE circuit breaker rating is known to the charger by design. The maximum current accepted by the vehicle is negotiated automatically via the PWM/PILOT signal. Everything else is automatic and adaptive.

7.3 Absolute Physical Limit — Main Circuit Breaker

The system is designed for installations with a main circuit breaker rated 60 A or higher. Below this threshold, the available continuous margin (80% of the breaker rating) generally does not allow for useful charging in the presence of household loads, and the installation should be assessed on a case-by-case basis by a master electrician.

The integrated EMS is intelligent, but it cannot create electrical capacity that does not exist. The fundamental rule is:

Total dwelling current + EVSE current should not exceed 80% of the main circuit breaker rating.

The EVSE circuit breaker selected by the master electrician defines the absolute ceiling of the system. It is the only sizing

dimensionnement — elle absorbe toute la contrainte de l'installation existante.

Courant maximum autorisé au véhicule :
I_VE = min (I_max_EVSE, I_autorisé_VE, I_disponible_panneau)

Exemple A — Installation économique

Service 60 A · Disjoncteur EVSE : 50 A · I_max_EVSE : 40 A (80 % de 50 A) · Limite continue panneau : 48 A (80 % de 60 A)

Charges domestiques 0 A → I_disponible : 48 A → I_autorisé_VE : 40 A (plafonné par I_max_EVSE)

Charges domestiques 15 A → I_disponible : 33 A (48 − 15) → I_autorisé_VE : 33 A

Charges domestiques 30 A → I_disponible : 18 A (48 − 30) → I_autorisé_VE : 18 A

Charges domestiques 48 A → I_disponible : 0 A → I_autorisé_VE : 0 A — recharge suspendue

Le maître électricien a délibérément choisi un disjoncteur EVSE de 50 A — solution économique en cuivre, parfaitement adaptée à un logement existant avec service de 60 A. Le système est sûr, conforme et pleinement fonctionnel.

Exemple B — Installation haute performance

Service 100 A · Disjoncteur EVSE : 100 A · I_max_EVSE : 80 A (80 % de 100 A) · Limite continue panneau : 80 A (80 % de 100 A)

Charges domestiques 0 A → I_disponible : 80 A → I_autorisé_VE : 80 A — pleine puissance

decision — it absorbs the entire constraint of the existing installation.

Maximum current allowed to the vehicle:
I_EV = min (I_max_EVSE, I_authorized_EV, I_available_panel)

Example A — Economical Installation

60 A service · EVSE breaker: 50 A · I_max_EVSE: 40 A (80% of 50 A) · Panel continuous limit: 48 A (80% of 60 A)

Household loads 0 A → I_available: 48 A → I_EV: 40 A (capped by I_max_EVSE)

Household loads 15 A → I_available: 33 A (48 − 15) → I_EV: 33 A

Household loads 30 A → I_available: 18 A (48 − 30) → I_EV: 18 A

Household loads 48 A → I_available: 0 A → I_EV: 0 A — charging suspended

The master electrician deliberately selected a 50 A EVSE circuit breaker — a cost-effective copper solution perfectly suited to an existing dwelling with a 60 A service. The system is safe, compliant, and fully functional.

Example B — High-Performance Installation

100 A service · EVSE breaker: 100 A · I_max_EVSE: 80 A (80% of 100 A) · Panel continuous limit: 80 A (80% of 100 A)

Household loads 0 A → I_available: 80 A → I_EV: 80 A — full power

Charges domestiques 20 A → I_disponible : 60 A (80 − 20) → I_autorisé_VE : 60 A

Charges domestiques 50 A → I_disponible : 30 A (80 − 50) → I_autorisé_VE : 30 A

Charges domestiques 80 A → I_disponible : 0 A → I_autorisé_VE : 0 A — recharge suspendue

Dans les deux cas, la régulation est continue, proportionnelle et en temps réel via le signal PWM/PILOT. Le disjoncteur principal ne voit jamais sa limite dépassée. Il n'y a aucun risque de surcharge — à aucun moment, pour aucune combinaison de charges. Le système EVSE+EMS peut optimiser l'utilisation de la capacité disponible, mais il ne peut pas créer de puissance supplémentaire. Le tableau 7.6 ci-dessous détaille l'ensemble des cas d'usage (services 60 A à 200 A, 1 ou 2 VÉ, installations triphasées) selon la même logique de calcul.

7.4 Système universel — Plug and Play

Cette invention aboutit à un résultat remarquable par sa simplicité :

Un seul appareil. Deux configurations possibles. Zéro complexité pour l'installateur et pour l'utilisateur.

Le chargeur EVSE+EMS est un appareil universel unique — All-in-One — dont la seule variable d'installation est le choix du disjoncteur EVSE par le maître électricien :

Configuration économique : Disjoncteur EVSE 50 A · I_max_EVSE 40 A · Logement existant, service 60 A ou 100 A

Configuration haute performance : Disjoncteur EVSE 100 A · I_max_EVSE 80 A · Nouvelle construction, service 100 A ou 200 A

- Il n'y a aucun DIP switch.
- Aucune programmation complexe.

Household loads 20 A → I_available: 60 A (80 − 20) → I_EV: 60 A

Household loads 50 A → I_available: 30 A (80 − 50) → I_EV: 30 A

Household loads 80 A → I_available: 0 A → I_EV: 0 A — charging suspended

In both cases, regulation is continuous, proportional, and real-time via the PWM/PILOT signal. The main breaker never sees its limit exceeded. There is no overload risk — at any moment, for any combination of loads. The EVSE+EMS system can optimize the use of available capacity, but it cannot create additional power. Table 7.6 below details the full range of use cases (60 A to 200 A services, 1 or 2 EVs, three-phase installations) using the same calculation logic.

7.4 Universal system — Plug and Play

This invention achieves a result that is remarkable in its simplicity:

One single device. Two possible configurations. Zero complexity for the installer and for the user.

The EVSE+EMS charger is a unique universal device — All-in-One — whose only installation variable is the EVSE breaker chosen by the master electrician:

Economical configuration: 50 A EVSE breaker · I_max_EVSE 40 A · Existing dwelling, 60 A or 100 A service

High-performance configuration: 100 A EVSE breaker · I_max_EVSE 80 A · New construction, 100 A or 200 A service

- There is no DIP switch.
- No complex programming.

- Aucune intervention de l’utilisateur.

L’installateur programme une seule valeur au moment de la mise en service : le calibre du disjoncteur principal du logement.

Tout le reste — détection du véhicule, négociation du courant, régulation proportionnelle, protection adaptative — est automatique, permanent et transparent.

Le système s’adapte au véhicule présent aujourd’hui. Il s’adaptera au véhicule de demain. Sans modification. Sans intervention. Sans complexité.

7.5 Considérations relatives à la certification du produit

Pour un fabricant de chargeurs EVSE existants, l’intégration de cette invention porte essentiellement sur l’ajout de trois capteurs de courant — un CT3 interne en aval du contacteur, et deux CT externes CT1/CT2 sur les phases du logement — ainsi que sur la logique de régulation implémentée en firmware. L’électronique de puissance, le contacteur interne, le circuit PWM/PILOT et l’interface utilisateur demeurent inchangés.

Un changement de firmware et l’ajout de capteurs passifs ne constituent pas une modification substantielle du produit au sens des normes UL, CSA ou IEC. La nécessité d’une re-certification complète dépendra des exigences spécifiques de l’organisme de certification concerné. Une simple révision du dossier existant pourrait s’avérer suffisante.

- No user intervention.

The installer programs a single value during commissioning: the rating of the dwelling main breaker.

Everything else — vehicle detection, current negotiation, proportional regulation, adaptive protection — is automatic, continuous, and transparent.

The system adapts to the vehicle present today. It will adapt to the vehicle of tomorrow. No modification. No intervention. No complexity.

7.5 Considerations Regarding Product Certification

For an existing EVSE manufacturer, integrating this invention essentially involves adding three current sensors — one internal CT3 downstream of the contactor, and two external CTs (CT1/CT2) on the dwelling phase conductors — along with regulation logic implemented in firmware. The power electronics, internal contactor, PWM/PILOT circuit, and user interface remain unchanged.

A firmware update and the addition of passive sensors do not constitute a substantial product modification under UL, CSA, or IEC standards. The need for full re-certification will depend on the specific requirements of the certification body involved. A simple revision of the existing file may be sufficient.

7.6. Sélection du disjoncteur EVSE

7.6. EVSE Circuit Breaker Selection

Service principal / Main Service	Profil d'installation / Installation Profile	Disjoncteur EVSE / EVSE Breaker	Courant fourni au véhicule / Current Delivered to Vehicle	Limite totale du panneau (80 %) / Total Panel Limit (80%)
60 A	Économique / Economical	50 A	40 A	48 A
60 A	Performance	60 A	48 A	48 A
100 A	Économique / Economical	50 A	40 A	80 A
100 A	Performance	100 A	80 A	80 A
125 A	Standard	100 A	80 A	100 A
150 A	Standard	100 A	80 A	120 A
200 A	Standard	100 A	80 A	160 A

Règle des 80 % (NEC 625.42 / CEC Rule 8-104) : charge continue = courant soutenu ≥ 3 heures. I_max_EVSE = 80 % du calibre du disjoncteur EVSE. Limite continue totale panneau = 80 % du service principal — toutes charges confondues. Voir formule § 4.2

80 % Rule (NEC 625.42 / CEC Rule 8-104): continuous load = sustained current ≥ 3 hours. I_max_EVSE = 80% of EVSE breaker rating. Total panel continuous limit = 80% of main service — all loads combined. See formula § 4.2.

Scénarios de sélection du disjoncteur EVSE

Le maître électricien programme une seule valeur via Bluetooth : la valeur du service principal (I_service). Le progiciel EMS calcule automatiquement toutes les limites de courant. Le choix du disjoncteur EVSE reste une décision professionnelle du maître électricien, basée sur la distance entre le panneau et le chargeur (économie du cuivre).

EVSE Circuit Breaker Selection Scenarios

The master electrician programs a single value via Bluetooth: the main service rating (I_service). The EMS firmware automatically calculates all current limits. The choice of EVSE circuit breaker remains a professional decision by the master electrician, based on the distance between the panel and the charger (copper cost economics).

Scénario 1 — Service 60 A (installation modeste, 1 VÉ) *Vieille installation résidentielle. Service limité. Un seul véhicule électrique. Aucune alternative.*

• Disjoncteur EVSE = 60 A (identique au service) — I_max_EVSE = 80 % × 60 A = 48 A [Mise en garde : NEC 230.79(C) impose un service de déconnexion principal

Scenario 1 — 60 A Service (modest installation, 1 EV) *Older residential installation. Limited service. Single electric vehicle. No alternative.*

• EVSE breaker = 60 A (same as service) — I_max_EVSE = 80 % × 60 A = 48 A [Note: NEC 230.79(C) requires a minimum 100 A, 3-wire service disconnecting means for any

d’au moins 100 A, 3 fils, pour toute maison unifamiliale neuve. Un service de 60 A est sous ce seuil normatif minimal ; ce scénario s’applique uniquement aux installations existantes ou hors du champ NEC, et devrait être validé par l’autorité compétente (AHJ).]

Note technique — Disjoncteur de dérivation EVSE Le calibre du disjoncteur de dérivation EVSE devrait être déterminé par le maître électricien, conformément au Code de construction du Québec, Chapitre V – Électricité , dans l’édition applicable aux travaux selon la Régie du bâtiment du Québec (RBQ) — au moment de la rédaction, l’édition 2026 (CSA C22.10:26, incorporant le Code canadien de l’électricité, 25e édition, avec modifications du Québec), en vigueur depuis le 26 mars 2026, une période transitoire permettant encore l’application de l’édition 2018 (CSA C22.10-18) selon les conditions fixées par la RBQ —, en tenant compte de la règle de charge continue (CEC Règle 8-104) et du rapport de sélectivité aval/amont recommandé avec le disjoncteur du service principal.

Note — Disjoncteur de dérivation de calibre égal à celui du service : certains électriciens recommandent, par pratique professionnelle, de ne jamais installer en dérivation un disjoncteur de calibre égal à celui du disjoncteur de service, mais toujours de valeur inférieure. Les codes NEC/CEC ne formulent aucune interdiction précise à ce sujet — d’autant que, dans la présente architecture, l’EMS intégré protège en permanence le service principal en maintenant la charge totale sous 80 % de son calibre (§ 4.2.1) : le disjoncteur de dérivation EVSE n’est alors jamais l’élément appelé à protéger le service contre une surcharge continue. Comme indiqué ci-dessus, cette décision demeure en toutes circonstances une décision professionnelle du maître électricien, sous réserve de l’approbation de l’autorité compétente (AHJ).

new one-family dwelling. A 60 A service falls below this normative minimum; this scenario applies only to existing installations or jurisdictions outside NEC scope and should be validated by the Authority Having Jurisdiction (AHJ).]

Technical Note — EVSE Branch Circuit Breaker: The EVSE branch circuit breaker rating should be determined by the master electrician, in accordance with the Québec Construction Code, Chapter V – Electricity , in the edition applicable to the work as determined by the Régie du bâtiment du Québec (RBQ) — as of this writing, the 2026 edition (CSA C22.10:26, incorporating the Canadian Electrical Code, 25th edition, with Québec amendments), in force since March 26, 2026, with a transitional period still allowing application of the 2018 edition (CSA C22.10-18) under the conditions set by the RBQ —, taking into account the continuous load rule (CEC Rule 8-104) and the recommended upstream/downstream selectivity ratio with the main service breaker.

Note — Branch breaker rated equal to the service breaker: some electricians recommend, as a matter of professional practice, never installing a branch circuit breaker of the same rating as the service breaker, but always one of a lower rating. The NEC/CEC codes contain no specific prohibition on this point — particularly since, in the present architecture, the integrated EMS permanently protects the main service by keeping the total load below 80% of its rating (§ 4.2.1): the EVSE branch breaker is then never the element called upon to protect the service against a continuous overload. As stated above, this decision remains, in all circumstances, a professional decision of the master electrician, subject to approval by the Authority Having Jurisdiction (AHJ).

• Câble EVSE = même calibre que le câble de service (décision de l'électricien)

• Nuit (I_logement = 0 A) : VÉ reçoit 48 A

• Jour (I_logement = 30 A) : VÉ reçoit 18 A

• Pointe (I_logement = 48 A) : charge suspendue — jamais de déclenchement.

Scénario 2 — Service 100 A, 1 VÉ, distance courte *Installation standard. Garage attenant ou sous-sol. Distance panneau → EVSE courte.*

• Disjoncteur EVSE = 100 A — I_max_EVSE = 80 % × 100 A = 80 A

• I_max_panneau = 80 % × 100 A = 80 A

• Nuit (I_logement = 0) : VÉ reçoit 80 A

• Soir (I_logement = 40 A) : VÉ reçoit 40 A

• Pointe (I_logement = 80 A) : charge suspendue — jamais de déclenchement. *Responsabilité de l'électricien : confirmer que la distance justifie le câble gros calibre.*

Scénario 3 — Service 100 A, 1 VÉ, longue distance *Garage détaché, stationnement éloigné, câble enterré. Le coût du cuivre devient significatif.*

• L'électricien choisit le disjoncteur EVSE = 50 A — I_max_EVSE = 80 % × 50 A = 40 A

• I_max_panneau = 80 A

• Économie substantielle sur le cuivre

• Nuit (I_logement = 0) : VÉ reçoit 40 A — suffisant pour la grande majorité des utilisateurs résidentiels

• Pointe (I_logement = 80 A) : charge suspendue — jamais de déclenchement. *Responsabilité de l' électricien : évaluer la*

• EVSE cable = same gauge as service cable (electrician decision)

• Night (I_dwelling = 0 A): EV receives 48 A

• Day (I_dwelling = 30 A): EV receives 18 A

• Peak (I_dwelling = 48 A): charging suspended — no tripping ever.

Scenario 2 — 100 A Service, 1 EV, short distance *Standard installation. Attached garage or basement. Short panel-to-EVSE distance.*

• EVSE breaker = 100 A — I_max_EVSE = 80 A

• I_max_panel = 80 % × 100 A = 80 A

• Night: EV receives 80 A

• Evening (I_dwelling = 40 A): EV receives 40 A

• Peak (I_dwelling = 80 A): charging suspended — no tripping ever. *Electrician responsibility: confirm that the short distance justifies the large-gauge cable.*

Scenario 3 — 100 A Service, 1 EV, long distance *Detached garage, remote parking, buried conduit. Copper cost becomes significant.*

• Electrician selects EVSE breaker = 50 A — I_max_EVSE = 40 A

• I_max_panel = 80 A

• Substantial copper savings

• Night: EV receives 40 A — sufficient for the vast majority of residential users

• Peak load (I_dwelling = 80 A): EV charging suspended — no breaker trip. *Electrician responsibility: evaluate distance, choose*

distance, choisir entre 50 A et 100 A selon le coût du cuivre et les besoins du client.

Scénario 4 — Service 200 A, 2 VÉ, condominium *Grande installation résidentielle ou condominium. Deux véhicules. L'EMS répartit dynamiquement selon une règle de priorité fixe : le Master reçoit son allocation en premier ; le Slave reçoit le résidu disponible après déduction des charges du logement et de l'allocation Master.*

- I_max_panneau = 80 % × 200 A = 160 A
- Disjoncteur EVSE #1 = #2 = 100 A — I_max chacun = 80 A
- Nuit (I_logement = 0) : VÉ #1 reçoit 80 A + VÉ #2 reçoit 80 A
- Soir (I_logement = 60 A) : VÉ #1 = 80 A, VÉ #2 = 20 A
- Pointe (I_logement = 160 A) : charge suspendue — jamais de déclenchement. *Responsabilité de l'électricien : deux circuits indépendants, calibre selon distance respective de chaque EVSE.*

Scénario 5 — Service 200 A, 2 VÉ, longue distance

• Disjoncteur EVSE #1 = #2 = 50 A — I_max chacun = 40 A

• Total max 2 VÉ = 80 A — bien inférieur à la limite panneau de 160 A

• Charge nocturne : 40 A par VÉ — suffisant pour la majorité des utilisateurs résidentiels

• Jamais de déclenchement

Scénario 6 — Service international triphasé (Europe, Asie, Amérique latine) *Architecture triphasée. L'électricien*

between 50 A and 100 A based on copper cost and client needs.

Scenario 4 — 200 A Service, 2 EVs, condominium *Large residential installation or condominium. Two vehicles. The EMS distributes power dynamically according to a fixed priority rule: the Master unit receives its allocation first; the Slave unit receives the remaining capacity after deduction of household loads and the Master allocation.*

- I_max_panel = 80% × 200 A = 160 A
- EVSE breaker #1 = #2 = 100 A — each with I_max = 80 A
- Night (I_home = 0): EV #1 receives 80 A + EV #2 receives 80 A
- Evening (I_home = 60 A): EV #1 = 80 A, EV #2 = 20 A
- Peak (I_home = 160 A): charging suspended — no tripping ever occurs. *Electrician responsibility: two independent circuits, gauge determined by distance to each EVSE.*

Scenario 5 — 200 A Service, 2 EVs, long distance

• EVSE breaker #1 = #2 = 50 A — I_max each = 40 A

• Total max 2 EVs = 80 A — well within the 160 A panel limit

• Night charging: 40 A per EV — sufficient for most residential users

• No tripping ever

Scenario 6 — International three-phase service (Europe, Asia, Latin America) *Three-phase architecture. Electrician programs I_service per phase via Bluetooth.*

programme I_service par phase via Bluetooth.

• Exemple : service 3 × 32 A — I_max par phase = 80 % × 32 A = 25,6 A

• Le firmware applique la même logique proportionnelle que pour le monophasé

• Choix du disjoncteur EVSE : responsabilité de l'électricien selon code local et distance

7.7 Comportement du système en cas d'anomalie

Le système EVSE+EMS surveille en permanence trois situations critiques et y répond de manière graduée et documentée.

Situation 1 — Charge domestique élevée, sous le seuil critique Le système réduit progressivement le courant autorisé au véhicule, palier par palier (0,6 A par étape), sans interrompre la session de recharge. Dès que la charge domestique diminue, le courant de recharge remonte automatiquement. Aucune alerte générée. Aucune intervention requise.

Situation 2 — Seuil adaptatif S*(t) atteint Le système suspend immédiatement la recharge en transmettant au véhicule le signal d'état A (IEC 61851-1) — sans couper l'alimentation interne du chargeur. Wi-Fi, télémétrie et mises à jour OTA restent actifs. Dès que la marge disponible le permet, la recharge reprend automatiquement. Aucune alerte générée.

Situation 3 — Anomalie confirmée : véhicule non conforme ou seuil critique dépassé Si CT3 confirme que le véhicule n'a pas exécuté la réduction de courant dans le délai normalisé de 5 secondes (SAE J1772:2017, Tableau 14, Transition 11), ou si le courant total dépasse le seuil critique absolu (I_critique = 1,20 × I_disjoncteur_principal — voir définition en fin

• Example: 3 × 32 A service — I_max per phase = 80 % × 32 A = 25.6 A

• Firmware applies the same proportional logic as for single-phase

• EVSE breaker selection: electrician responsibility per local code and distance

7.7 System Behaviour Under Anomaly Conditions

The EVSE+EMS system continuously monitors three critical situations and responds in a graduated, documented manner.

Situation 1 — High household load, below critical threshold The system progressively reduces the current authorized to the vehicle, step by step (0.6 A per step), without interrupting the charging session. As soon as household load decreases, charging current rises back automatically. No alert generated. No intervention required.

Situation 2 — Adaptive threshold S*(t) reached The system immediately suspends charging by transmitting State A signal to the vehicle (IEC 61851-1) — without cutting the charger internal power supply. Wi-Fi, telemetry, and OTA updates remain active. As soon as available margin permits, charging resumes automatically. No alert generated.

Situation 3 — Confirmed anomaly: non-compliant vehicle or critical threshold exceeded If CT3 confirms that the vehicle has not executed the commanded current reduction within the 5-second normalized delay (SAE J1772:2017, Table 14, Transition 11), or if total current exceeds the absolute critical threshold (I_critical = 1.20 ×

de section), un verrouillage persistant est déclenché :

• La recharge est suspendue et ne reprend pas automatiquement.

• Deux courriels d'alerte horodatés sont transmis automatiquement : au maître électricien responsable de l'installation et à la gestion de l'immeuble.

• Le déverrouillage est manuel, par le maître électricien uniquement, via interface Bluetooth locale.

• Le système reprend ensuite palier par palier, avec confirmation CT3 à chaque étape. *En toutes circonstances — y compris en Situation 3 — l'alimentation interne du chargeur n'est jamais interrompue. Wi-Fi, télémétrie, journalisation et transmission des alertes restent actifs en permanence.*

Définition du seuil critique absolu — Le seuil critique absolu est défini de façon générale comme 120 % du calibre du disjoncteur principal programmé à la mise en service : I_critique = 1,20 × I_disjoncteur_principal (exemple : 120 A pour un service de 100 A — valeur utilisée dans la simulation de l'Annexe B). Ce facteur de 1,20 est une valeur de conception illustrative, cohérente avec le fait qu'un dépassement soutenu à ce niveau sollicite la zone de déclenchement thermique du disjoncteur sans atteindre sa zone de déclenchement magnétique ; sa valeur définitive devrait être validée par les ingénieurs de recherche et développement, par rapport aux courbes de déclenchement types des disjoncteurs visés par le produit, avant toute mise en production — conformément à la note de transparence méthodologique de l'Annexe B.

I_main_breaker — see definition at the end of this section), a persistent lockout is triggered:

• Charging is suspended and does not resume automatically.

• Two timestamped alert emails are transmitted automatically: to the master electrician responsible for the installation, and to building management.

• Unlocking is manual, by the master electrician only, via local Bluetooth interface.

• The system then resumes step by step, with CT3 confirmation at each stage. *Under all circumstances — including Situation 3 — the charger internal power supply is never interrupted. Wi-Fi, telemetry, event logging, and alert transmission remain permanently active.*

Definition of the absolute critical threshold — The absolute critical threshold is defined generally as 120% of the main breaker rating programmed at commissioning: I_critical = 1.20 × I_main_breaker (example: 120 A for a 100 A service — the value used in Appendix B simulation). This 1.20 factor is an illustrative design value, consistent with the fact that a sustained excursion at this level engages the breaker thermal trip region without reaching its magnetic trip region; its final value should be validated by research and development engineers against the typical trip curves of the breakers targeted by the product, before any production deployment — consistent with the methodological transparency note in Appendix B.

8. INSTALLATION ÉVOLUTIVE — INVESTISSEMENT PÉRENNE

Le système EVSE+EMS est conçu pour accompagner l'évolution du parc automobile du propriétaire sans aucune modification de l'installation.

Scénario type :

- Le propriétaire d'un condominium ayant un service de 100 A installe aujourd'hui un disjoncteur EVSE de 100 A (I_max EVSE = 80 A) en prévision d'un futur VE haute performance.
- Il branche aujourd'hui un petit VE qui n'accepte que 16 A ou 32 A.
- Le chargeur détecte automatiquement la capacité du VE via la négociation PWM/PILOT et livre exactement le courant que le véhicule peut accepter — pas plus.
- Lorsque le propriétaire acquiert son VE haute performance, le chargeur livre automatiquement jusqu'à 80 A, sans aucune modification.

Courant maximum autorisé au véhicule :

I_VE = min (I_max_EVSE, I_autorisé_VE, I_disponible_panneau)

L'installation est dimensionnée une fois pour toutes. Le système s'adapte automatiquement au véhicule présent, aujourd'hui et demain.

Précision — Une seule valeur reste programmée par l'électricien. Seul le calibre du disjoncteur principal du service (I_service) est saisi via l'interface Bluetooth locale à la mise en service, conformément au principe d'appareil universel décrit en §7.4.

8. FORWARD-COMPATIBLE INSTALLATION — LASTING INVESTMENT

The EVSE+EMS system is designed to evolve with the owner vehicle fleet without any modification to the installation.

Typical scenario:

- A condominium owner having a 100 A service installs a 100 A EVSE breaker today (I_max EVSE = 80 A) in anticipation of a future high-performance EV.
- Today, a small EV accepting only 16 A or 32 A is connected.
- The charger automatically detects the EV capacity via PWM/PILOT negotiation and delivers exactly the current the vehicle can accept — no more.
- When the owner acquires their high-performance EV, the charger automatically delivers up to 80 A, with no modification required.

Maximum current authorized to the vehicle:

I_EV = min (I_max_EVSE, I_authorized_EV, I_available_panel)

The installation is sized once and for all. The system automatically adapts to the vehicle present — today and tomorrow.

Precision — Only one value remains programmed by the electrician. Only the main service breaker rating (I_service) is entered via the local Bluetooth interface at commissioning, consistent with the universal-device principle described in §7.4. The

Le second paramètre de sécurité, I_max_EVSE (Contrainte 1, NEC 625.42 / CEC Règle 8-104), n'est pas saisi sur le terrain : il est fixé par le modèle d'EVSE choisi par le maître électricien au sein d'une gamme offerte par le fabricant (par exemple EVSE-30, EVSE-50, EVSE-80), selon les désidératas du client et son budget prévisionnel pour l'évolution future de son parc automobile. Ce choix est asymétrique : un EVSE surdimensionné (I_max_EVSE élevé) sert aussi bien les petits véhicules que les gros — la régulation proportionnelle s'ajustant automatiquement à ce que chaque véhicule demande via la négociation PWM/PILOT — alors qu'un EVSE sous-dimensionné limitera silencieusement, sans échec de connexion ni coupure, tout véhicule plus puissant au plafond I_max_EVSE du modèle installé. Une installation prévoyante (I_max_EVSE élevé) demeure donc le choix le plus polyvalent, mais le principe d'une seule valeur programmée reste entièrement respecté, quel que soit le modèle d'EVSE retenu.

second safety parameter, I_max_EVSE (Constraint 1, NEC 625.42 / CEC Rule 8-104), is not entered in the field: it is set by the EVSE model selected by the master electrician from a range offered by the manufacturer (for example EVSE-30, EVSE-50, EVSE-80), according to the client wishes and their anticipated budget for the future evolution of their vehicle fleet. This choice is asymmetric: an oversized EVSE (high I_max_EVSE) serves both small and large vehicles equally well — the proportional regulation automatically adjusting to whatever each vehicle requests via PWM/PILOT negotiation — whereas an undersized EVSE will silently limit, without connection failure or interruption, any more powerful vehicle to the I_max_EVSE ceiling of the installed model. A forward-looking installation (high I_max_EVSE) therefore remains the most versatile choice, but the single-value-programmed principle remains fully respected regardless of which EVSE model is selected.

9. INTÉGRATION DANS UN CHARGEUR STATIQUE À INDUCTION (FUTUR) — SAE J2954

Cette section décrit, à des fins de divulgation complète et de compréhension pédagogique, comment le progiciel EMS décrit dans ce document s'intègre — sans modification de sa logique fondamentale — dans un chargeur statique à induction (sans fil) FUTUR, conforme à la norme SAE J2954. Il ne s'agit pas d'une fonctionnalité du produit actuel, mais d'une trajectoire de compatibilité technologique anticipée, documentée ici pour établir l'antériorité et guider tout fabricant souhaitant l'implémenter. Cette section a été rédigée pour être accessible à tout individu — qu'il soit ingénieur, électricien, investisseur ou simple consommateur — sans connaissance technique préalable requise.

9.1 Pour commencer : qu'est-ce qu'un chargeur à induction ? (Analogie grand public)

La plupart des gens connaissent déjà la recharge sans fil — c'est le même principe de base que le socle de recharge utilisé pour un téléphone intelligent. On dépose le téléphone sur un coussin, et la batterie se charge sans qu'aucun câble ne soit branché. Le coussin transmet l'énergie au téléphone à travers l'air, par un champ électromagnétique, et non par un contact électrique direct.

Le chargeur à induction FUTUR pour véhicule électrique fonctionne exactement selon le même principe physique, à une échelle beaucoup plus grande : une plaque installée au sol du garage (ou dans le revêtement de l'allée) transmet l'énergie, à travers l'air, à une plaque réceptrice fixée sous le véhicule, lorsque celui-ci est garé au bon endroit. Aucun câble, aucune prise, aucun geste requis du conducteur — le véhicule se gare, et la recharge commence automatiquement.

9. INTEGRATION INTO A FUTURE STATIC INDUCTIVE CHARGER — SAE J2954

This section describes, for the purposes of complete disclosure and pedagogical understanding, how the EMS software package described in this document integrates — without any modification to its underlying logic — into a FUTURE static wireless (inductive) charger compliant with the SAE J2954 standard. This is not a feature of the current product, but an anticipated technology-compatibility pathway, documented here to establish prior art and to guide any manufacturer wishing to implement it. This section has been written to be accessible to anyone — engineer, electrician, investor, or everyday consumer — with no prior technical knowledge required.

9.1 To begin: what is an inductive charger? (A plain-language analogy)

Most people are already familiar with wireless charging — it is the same basic principle as the charging pad used for a smartphone. You place the phone on the pad, and the battery charges without any cable being plugged in. The pad transmits energy to the phone through the air, via an electromagnetic field, rather than through direct electrical contact.

The FUTURE inductive charger for electric vehicles works on exactly the same physical principle, at a much larger scale: a plate installed in the garage floor (or embedded in the driveway surface) transmits energy through the air to a receiving plate mounted underneath the vehicle, once the vehicle is parked in the correct position. No cable, no plug, no action required from the driver — the vehicle parks, and charging begins automatically.

9.2 Rappel du système filaire actuel (pour comparaison)

Le progiciel EMS décrit dans les sections précédentes de ce document repose, dans sa version actuelle, sur un dialogue filaire entre le chargeur (EVSE) et le véhicule : le signal PWM/PILOT, normalisé depuis 2001 par IEC 61851-1 (norme internationale) et SAE J1772 (norme nord-américaine). Ce signal est une simple onde électrique carrée, transmise sur un fil dédié du câble de recharge, dont la largeur d'impulsion indique au véhicule le courant maximal qu'il est autorisé à tirer. Pour vérifier indépendamment que le véhicule respecte bien cette limite, l'invention décrite ajoute un capteur physique — le CT3 — placé en aval du contacteur interne du chargeur, qui mesure directement, par induction électromagnétique sur le fil d'alimentation, le courant réel consommé.

9.3 Le changement fondamental : un câble remplacé par un dialogue numérique sans fil (SAE J2954 + SAE J2847/6)

Dans un chargeur à induction FUTUR, il n'y a plus de câble du tout — donc plus de fil PILOT physique sur lequel transmettre un signal PWM. La norme SAE J2954 (Wireless Power Transfer for Light-Duty Plug-in/Electric Vehicles) encadre le transfert d'énergie sans fil proprement dit — l'équivalent du « comment l'électricité se propage dans l'air ». Mais SAE J2954 elle-même prévoit explicitement d'être utilisée conjointement avec une norme de communication distincte : SAE J2847/6 (« Communication for Wireless Power Transfer Between Light-Duty Plug-in Electric Vehicles and Wireless EV Charging Stations »), publiée par SAE International en version révisée en septembre 2020.

Concrètement, SAE J2847/6 remplace l'onde PWM analogique par un véritable dialogue numérique : la borne et le véhicule s'échangent des messages structurés au format JSON (le même type de format texte

9.2 Recap of the current wired system (for comparison)

The EMS software package described in the earlier sections of this document relies, in its current version, on a wired dialogue between the charger (EVSE) and the vehicle: the PWM/PILOT signal, standardized since 2001 by IEC 61851-1 (international standard) and SAE J1772 (North American standard). This signal is a simple square electrical wave, transmitted over a dedicated wire in the charging cable, whose pulse width tells the vehicle the maximum current it is authorized to draw. To independently verify that the vehicle is indeed respecting this limit, the described invention adds a physical sensor — CT3 — placed downstream of the charger internal contactor, which directly measures, via electromagnetic induction on the supply wire, the actual current being consumed.

9.3 The fundamental change: a cable replaced by a wireless digital dialogue (SAE J2954 + SAE J2847/6)

In a FUTURE inductive charger, there is no cable at all anymore — and therefore no physical PILOT wire on which to transmit a PWM signal. The SAE J2954 standard (Wireless Power Transfer for Light-Duty Plug-in/Electric Vehicles) governs the wireless energy transfer itself — the equivalent of "how electricity propagates across the air". But SAE J2954 itself explicitly anticipates being used together with a separate communication standard: SAE J2847/6 ("Communication for Wireless Power Transfer Between Light-Duty Plug-in Electric Vehicles and Wireless EV Charging Stations"), published by SAE International in a revised version in September 2020.

Concretely, SAE J2847/6 replaces the analog PWM wave with a genuine digital dialogue: the charging station and the vehicle exchange structured messages in JSON format (the same kind of structured text

structuré utilisé par d'innombrables applications informatiques modernes), transportés sur une liaison Wi-Fi (norme IEEE 802.11n). Ce dialogue est bidirectionnel : alors que le signal PWM filaire ne faisait que « dicter » une limite dans un seul sens (de la borne vers le véhicule), le nouveau protocole permet un véritable échange d'informations dans les deux sens — alignement des bobines, initialisation, montée en puissance progressive, transfert actif d'énergie, fin de session.

Pour le grand public : c'est la différence entre donner un ordre par un simple signal lumineux (le PWM, qui ne fait que clignoter à une certaine fréquence) et avoir une conversation complète en phrases (le JSON sur Wi-Fi, où chaque message a un sens précis et où la réponse peut varier selon le contexte).

9.4 Le remplacement fonctionnel du capteur CT3 : la télémétrie ISO 15118-20 / AC_ChargeLoop

C'est le point technique le plus important de cette section. Dans le système filaire actuel, le CT3 existe parce que le protocole filaire (PWM/PILOT) ne renvoie aucune donnée de mesure — il ne fait que transmettre une limite. L'EMS a donc besoin d'une mesure physique indépendante pour savoir quel est le courant réel fourni au véhicule.

Dans un environnement de charge à induction FUTUR conforme à SAE J2954/J2847/6, la couche de communication applicative repose typiquement sur la norme ISO 15118-20 — la génération la plus récente de la famille de normes internationales régissant le dialogue numérique entre un véhicule électrique et une borne de recharge. Cette norme définit un mécanisme appelé AC_ChargeLoop : une boucle de messages échangés en continu, plusieurs fois par seconde, entre le véhicule et la borne, pendant toute la durée de la session de charge. Ces messages

format used by countless modern computer applications), carried over a Wi-Fi link (IEEE 802.11n standard). This dialogue is bidirectional: whereas the wired PWM signal merely "dictated" a limit in one direction (from the station to the vehicle), the new protocol allows for a genuine two-way exchange of information — coil-alignment confirmation, initialization, gradual power ramp-up, active energy transfer, and session termination.

For the general reader: this is the difference between giving an order through a simple blinking light (PWM, which only flashes at a certain frequency) and having a full conversation in sentences (JSON over Wi-Fi, where each message has a precise meaning and the response can vary according to context).

9.4 The functional replacement of the CT3 sensor: ISO 15118-20 / AC_ChargeLoop telemetry

This is the most important technical point in this section. In the current wired system, CT3 exists because the wired protocol (PWM/PILOT) returns no measurement data at all — it only conveys a limit. The EMS therefore needs an independent physical measurement to know the actual current supplied to the vehicle.

In a FUTURE inductive charging environment compliant with SAE J2954/J2847/6, the application-layer communication typically relies on the ISO 15118-20 standard — the most recent generation in the international family of standards governing the digital dialogue between an electric vehicle and a charging station. This standard defines a mechanism called AC_ChargeLoop: a loop of messages exchanged continuously, several times per second, between the vehicle and the station, for the entire duration of the charging session. These messages carry, among other things, meter readings (current

transportent notamment les relevés de compteur (les données de mesure du courant et de l'énergie), avec des mécanismes de vérification de cohérence intégrés au protocole lui-même.

Autrement dit : la donnée que le CT3 allait auparavant chercher physiquement, par une mesure électromagnétique externe sur le fil, est désormais communiquée nativement, en temps réel, par le protocole numérique lui-même — accompagnée de son propre contrôle de cohérence. C'est ce qui permet d'affirmer que le CT3 devient architecturalement redondant dans cette configuration FUTURE précise : sa fonction (connaître le courant réel consommé par le véhicule) est remplie par un canal différent, mais le résultat utile pour l'EMS — une valeur de courant fiable, mise à jour en continu — reste le même.

Nuance technique importante, pour la rigueur du dossier : cette redondance suppose que le fabricant du chargeur à induction FUTUR expose cette donnée de courant à l'EMS via une interface locale (API interne, bus de données, ou équivalent). La norme ISO 15118-20 garantit l'échange de cette information entre le véhicule et la borne ; la manière dont la borne la retransmet ensuite à un module EMS tiers dépend de l'implémentation spécifique à chaque fabricant. Cette précision n'enlève rien à la validité du principe d'intégration décrit ici — elle indique simplement le point d'intégration logicielle que devrait prévoir tout fabricant souhaitant exploiter cette compatibilité FUTURE.

and energy measurement data), with consistency-checking mechanisms built directly into the protocol itself.

In other words: the data that CT3 previously had to fetch physically, through an external electromagnetic measurement on the wire, is now delivered natively, in real time, by the digital protocol itself — complete with its own built-in consistency check. This is what supports the statement that CT3 becomes architecturally redundant in this specific FUTURE configuration: its function (knowing the actual current drawn by the vehicle) is fulfilled through a different channel, but the useful result for the EMS — a reliable, continuously updated current value — remains the same.

An important technical nuance, for the rigor of this disclosure: this redundancy assumes that the manufacturer of the FUTURE inductive charger exposes this current data to the EMS through a local interface (internal API, data bus, or equivalent). The ISO 15118-20 standard guarantees the exchange of this information between the vehicle and the station; how the station subsequently relays it to a third-party EMS module depends on each manufacturer's specific implementation. This nuance does not diminish the validity of the integration principle described here — it simply identifies the software integration point that any manufacturer wishing to use this FUTURE compatibility should be provisioning.

9.5 Ce qui ne change absolument pas

Il est essentiel, pour la clarté du dossier, de bien distinguer ce qui change (la couche de communication) de ce qui reste rigoureusement identique (la logique de décision de l'EMS) :

- CT1 et CT2 demeurent strictement inchangés. Ces deux capteurs mesurent les charges domestiques (autres que le véhicule) sur chaque phase du panneau électrique. Cette mesure est totalement indépendante du mode de charge du véhicule (filaire ou inductif) — elle continue de fonctionner exactement de la même manière.
- La logique de reconstruction du courant total (I_total) demeure identique. Que la valeur du courant véhicule provienne du CT3 (mesure physique) ou de la télémétrie AC_ChargeLoop (mesure numérique), l'EMS effectue le même calcul : addition du courant du logement et du courant du véhicule, sur chaque phase, pour vérifier le respect de la limite de 80 % du disjoncteur principal.
- Le seuil adaptatif S*(t) et le modèle d'échauffement cumulatif qu'il représente demeurent identiques. Ce seuil ne dépend pas de l'origine de la mesure de courant, mais de sa valeur — peu importe le canal par lequel cette valeur est obtenue.

Les dynamiques 1, 2 et 3 de gestion de charge (les comportements de régulation progressive décrits ailleurs dans ce document) demeurent identiques, pour la même raison : elles opèrent sur une valeur de courant, pas sur le protocole qui l'a produite.

9.5 What does not change at all

For clarity in this disclosure, it is essential to clearly distinguish what changes (the communication layer) from what remains strictly identical (the EMS decision logic):

- CT1 and CT2 remain strictly unchanged. These two sensors measure household loads (other than the vehicle) on each phase of the electrical panel. This measurement is entirely independent of the vehicle charging mode (wired or inductive) — it continues to function in exactly the same way.
- The total current reconstruction logic (I_total) remains identical. Whether the vehicle current value originates from CT3 (physical measurement) or from AC_ChargeLoop telemetry (digital measurement), the EMS performs the same calculation: adding the household current and the vehicle current, on each phase, to verify compliance with the 80% main breaker limit.
- The adaptive threshold S*(t) and the cumulative heating model it represents remain identical. This threshold does not depend on where the current measurement comes from, but on its value — regardless of the channel through which that value is obtained.

Charge-management dynamics 1, 2, and 3 (the progressive regulation behaviors described elsewhere in this document) remain identical, for the same reason: they operate on a current value, not on the protocol that produced it.

Pour le lecteur non technique : imaginez un thermostat qui régule la température d'une maison. Que la température soit mesurée par un thermomètre à mercure classique ou par un capteur numérique moderne, le thermostat applique la même règle de décision — « si la température dépasse X, réduire le chauffage ». Le capteur change ; la règle de décision, elle, ne change pas. C'est exactement le même principe ici : la source de la mesure de courant peut changer (CT3 physique → télémétrie numérique), mais le cerveau de l'EMS — ses formules, ses seuils, ses comportements — reste rigoureusement le même.

For the non-technical reader: imagine a thermostat regulating a house temperature. Whether the temperature is measured by a classic mercury thermometer or by a modern digital sensor, the thermostat applies the same decision rule — "if the temperature exceeds X, reduce the heating." The sensor changes; the decision rule does not. The same principle applies exactly here: the source of the current measurement may change (physical CT3 → digital telemetry), but the "brain" of the EMS — its formulas, its thresholds, its behaviors — remains rigorously the same.

9.6 Tableau comparatif : système filaire actuel vs chargeur à induction FUTUR

9.6 Comparison table: current wired system vs. FUTURE inductive charger

Aspect / Aspect	Système filaire actuel (SAE J1772 / IEC 61851-1) / Current Wired System	FUTUR — Chargeur à induction (SAE J2954) / FUTURE — Inductive Charger (SAE J2954)
Connexion physique / Physical connection	Câble et connecteur (SAE J1772, Type 1 ou Type 2) / Cable and connector (SAE J1772, Type 1 or Type 2)	Aucun câble — transfert d'énergie par champ électromagnétique à travers l'air / No cable — energy transfer via electromagnetic field through the air
Signal de commande / Control signal	PWM/PILOT — onde analogique filaire, 87 paliers discrets / PWM/PILOT — wired analog wave, 87 discrete steps	Messages JSON bidirectionnels sur Wi-Fi IEEE 802.11n (SAE J2847/6) / Bidirectional JSON messages over Wi-Fi IEEE 802.11n (SAE J2847/6)
Norme de transfert d'énergie / Energy transfer standard	IEC 61851-1 / SAE J1772	SAE J2954
Mesure du courant véhicule / Vehicle current measurement	Capteur physique CT3 (mesure électromagnétique directe) / Physical CT3 sensor (direct electromagnetic measurement)	Télémétrie numérique AC_ChargeLoop (ISO 15118-20), avec vérification de cohérence intégrée / Digital AC_ChargeLoop telemetry (ISO 15118-20), with built-in consistency check
Mesure des charges du logement / Dwelling load measurement	CT1 + CT2 (inchangé) / CT1 + CT2 (unchanged)	CT1 + CT2 (inchangé) / CT1 + CT2 (unchanged)
Logique de décision — I_total, S*(t), dynamiques 1/2/3 / Decision logic — I_total, S*(t), dynamics 1/2/3	Identique / Identical	Identique / Identical
Statut normatif / Normative status	Norme ouverte (IEC, SAE) / Open standard (IEC, SAE)	Normes ouvertes (SAE, ISO) — non un brevet privé / Open standards (SAE, ISO) — not a private patent

Disponibilité commerciale / Commercial availability	Largement déployée / Widely deployed	Émergente — normes publiées, déploiement commercial en cours de généralisation / Emerging — standards published, commercial deployment in progress

9.7 Norme ouverte, accessible à tout fabricant — aucune licence requise

Il est important de préciser que SAE J2847/6, comme SAE J2954, sont des « Recommended Practices » et des normes publiées par SAE International, un organisme de normalisation — et non des brevets détenus par une entreprise privée. Tout fabricant peut, moyennant l'acquisition du document normatif (comme c'est déjà le cas aujourd'hui pour IEC 61851-1 ou SAE J1772), concevoir et commercialiser un produit conforme, sans avoir à obtenir de licence d'un tiers pour utiliser le protocole de communication lui-même. Cette caractéristique renforce la portée de la présente divulgation : l'intégration décrite ici repose entièrement sur des briques normatives publiques, ouvertes à tous, et sur la logique propre du progiciel EMS — qui, elle, est mise dans le domaine public par le présent document.

9.8 En résumé, pour le consommateur

Si vous êtes propriétaire d'un véhicule électrique et que vous lisez cette section sans bagage technique, voici l'essentiel à retenir :

- Aujourd'hui, vous branchez un câble pour recharger votre véhicule, et un petit boîtier intelligent (l'EMS) s'assure que cette recharge ne surcharge jamais le panneau électrique de votre logement.
- Demain — FUTUR — vous pourriez simplement garer votre véhicule au-dessus d'une plaque installée au sol, sans toucher à aucun câble, et la

9.7 Open standard, accessible to any manufacturer — no license required

It is important to clarify that SAE J2847/6, like SAE J2954, are "Recommended Practices" and standards published by SAE International, a standards-setting organization — not patents held by a private company. Any manufacturer may, by acquiring the normative document (as is already the case today for IEC 61851-1 or SAE J1772), design and market a compliant product without needing to obtain a license from a third party to use the communication protocol itself. This characteristic reinforces the scope of this disclosure: the integration described here rests entirely on public normative building blocks, open to all, combined with the EMS software package's own logic — which is, in turn, placed in the public domain by this document.

9.8 In summary, for the consumer

If you own an electric vehicle and are reading this section without technical background, here is the essential takeaway:

- Today, you plug in a cable to charge your vehicle, and a small intelligent unit (the EMS) ensures that this charging never overloads your home electrical panel.
- Tomorrow — in the FUTURE — you could simply park your vehicle over a plate installed in the ground, without

recharge commencerait automatiquement.

- Le même cerveau électronique — le même progiciel EMS, avec les mêmes formules de sécurité — continuerait de protéger votre installation électrique, qu'il s'agisse de la version filaire d'aujourd'hui ou de la version sans fil de demain.
- Cette compatibilité future n'est pas un produit déjà existant — elle est une trajectoire technique anticipée et documentée publiquement ici, justement pour qu'aucune entreprise ne puisse s'approprier ce principe d'intégration et en priver les futurs fabricants et consommateurs.

Références normatives citées dans cette section :

SAE J2954 — Wireless Power Transfer for Light-Duty Plug-in/Electric Vehicles and Alignment Methodology (SAE International).

SAE J2847/6:2020 — Communication for Wireless Power Transfer Between Light-Duty Plug-in Electric Vehicles and Wireless EV Charging Stations (SAE International).

ISO 15118-20:2022 — Road vehicles — Vehicle to grid communication interface — Part 20: 2nd generation network layer and application layer requirements (ISO).

touching any cable, and charging would begin automatically.

- The same electronic "brain" — the same EMS software package, with the same safety formulas — would continue to protect your electrical installation, whether using today's wired version or tomorrow's wireless version.
- This future compatibility is not an already-existing product — it is an anticipated technical pathway, documented publicly here precisely so that no company can appropriate this integration principle and deny it to future manufacturers and consumers.

Normative references cited in this section:

SAE J2954 — Wireless Power Transfer for Light-Duty Plug-in/Electric Vehicles and Alignment Methodology (SAE International).

SAE J2847/6:2020 — Communication for Wireless Power Transfer Between Light-Duty Plug-in Electric Vehicles and Wireless EV Charging Stations (SAE International).

ISO 15118-20:2022 — Road vehicles — Vehicle to grid communication interface — Part 20: 2nd generation network layer and application layer requirements (ISO).

10. CONCLUSION

Ce document constitue la déclaration formelle de mise dans le domaine public de l'invention EVSE+EMS.

Il expose :

- le contexte historique et la filiation technique (TH-100 → EVSE+EMS),
- le problème industriel résolu,
- les principes techniques de l'invention,
- la distinction claire avec l'art antérieur,
- les obligations du fabricant pour une intégration correcte.

Tout fabricant souhaitant intégrer cette technologie est invité à consulter le document complet de divulgation technique. Aucune autorisation n'est requise. Cette technologie est libre, immédiatement et sans restriction, en vertu de la dédicace au domaine public Creative Commons CC0 1.0 Universal.

Creative Commons CC0 1.0 Universal

10. CONCLUSION

This document constitutes the formal declaration of dedication to the public domain of the EVSE+EMS invention.

It sets out:

- the historical context and technical lineage (TH-100 → EVSE+EMS),
- the industrial problem solved,
- the technical principles of the invention,
- a clear distinction from prior art,
- the manufacturer obligations for correct integration.

Any manufacturer wishing to integrate this technology is invited to consult the complete technical disclosure document. No authorization is required. This technology is free, immediately and without restriction, under the Creative Commons CC0 1.0 Universal Public Domain Dedication.

Creative Commons CC0 1.0 Universal

11. REMERCIEMENTS

Nous remercions M. Pierre Levesque pour sa collaboration à la réalisation de la vidéo documentant le système biénergie des années 1976-1980 avec carte de contrôle TH-100. Alors finissant au Cégep Lionel-Groulx, M. Levesque a collaboré avec M. Attallah dans ces mêmes années aussi sur d'autres projets électroniques complexes.

Cette contribution est strictement d'ordre documentaire historique des années 1976-1980 et n'implique aucune participation à la conception ou à l'invention présente décrite dans ce document.

Nous remercions également M. Michel St-Onge, ingénieur et ancien étudiant de l'auteur, pour sa collaboration rigoureuse et attentive à la relecture et à la révision de ce document. Aujourd'hui retraité, tout comme l'auteur, il a apporté sa contribution à titre strictement rédactionnel, sans que sa responsabilité professionnelle ne soit engagée d'aucune façon.

Enfin, merci à Claude d'Anthropic pour sa précieuse collaboration à l'animation et à la simulation de mon invention.

11. ACKNOWLEDGMENTS

We thank Mr. Pierre Levesque for his collaboration in producing the video documenting the 1976-1980 bi-energy system with the TH-100 control board. Then a graduating student at Cégep Lionel-Groulx, Mr. Levesque collaborated with Mr. Attallah during those same years also on other electronic complex projects.

This contribution is strictly of a historical documentary nature, relating to the years 1976–1980, and does not imply any participation in the design or invention described in the present document.

We also thank Mr. Michel St. Onge, engineer, and former student of the author, for his rigorous and attentive collaboration in proofreading and revising this document. Now retired, like the author, he contributed to a strictly editorial capacity, without any professional liability being involved.

Finally, thanks to Claude by Anthropic for its valuable collaboration on the animation and simulation of my invention.

Arnaldo S. Attallah, P. Eng., M. Sc. (INRS Énergie) — Toronto, Ontario, Canada

Version V1.2, 26 août 2026 / Version V1.2, August 26, 2026

Domaine public · Public Domain — *CC0 1.0 Universal*

ANNEXE A. GLOSSAIRE DES TERMES TECHNIQUES

Présenté par ordre alphabétique (français)

AC_ChargeLoop — Mécanisme de message de la norme ISO 15118-20 permettant l'échange continu, en temps réel, des données de mesure (courant, énergie) entre le véhicule et la borne de recharge.

Architecture Y-Split — Séparation physique et électrique entre le circuit dédié au chargeur EVSE et les circuits du logement, permettant une mesure indépendante et exacte des deux flux de courant.

Biénergie (programme Hydro-Québec) — Programme d'Hydro-Québec (1976–1980) permettant le chauffage résidentiel par deux sources d'énergie combinées, nécessitant une gestion intelligente de la charge électrique.

Bluetooth — Protocole de communication sans fil à courte portée, utilisé ici pour la coordination en temps réel entre une unité EVSE « Master » et une unité « Slave ».

Boucle fermée (régulation en boucle fermée) — Mode de régulation dans lequel la valeur de sortie mesurée (ici, le courant réel fourni au véhicule, mesuré par CT3) est continuellement comparée à la valeur de consigne et corrigée en temps réel.

CC0 1.0 Universal — Instrument juridique de Creative Commons permettant à un auteur de renoncer à l'ensemble de ses droits d'auteur, plaçant une œuvre directement dans le domaine public mondial.

Charge continue — Règle des 80 % — Règle des codes électriques (NEC/CEC) limitant le courant soutenu sur un disjoncteur à 80 % de son calibre nominal, afin d'éviter la surchauffe en usage prolongé.

APPENDIX A. GLOSSARY OF TECHNICAL TERMS

Presented in alphabetical order (French column)

AC_ChargeLoop — A message mechanism within the ISO 15118-20 standard providing continuous, real-time exchange of measurement data (current, energy) between the vehicle and the charging station.

Y-Split Architecture — Physical and electrical separation between the EVSE-dedicated circuit and the dwelling circuits, enabling independent and accurate measurement of both current flows.

Bi-Energy (Hydro-Québec program) — Hydro-Québec program (1976–1980) enabling residential heating from two combined energy sources, requiring intelligent electrical load management.

Bluetooth — Short-range wireless communication protocol, used here for real-time coordination between a "Master" EVSE unit and a "Slave" unit.

Closed-Loop Control — Control mode in which the measured output value (here, the actual current delivered to the vehicle, as measured by CT3) is continuously compared to the setpoint and corrected in real time.

CC0 1.0 Universal — Creative Commons legal instrument allowing an author to waive all copyright, placing a work directly into the worldwide public domain.

Continuous Load — 80% Rule — Electrical code rule (NEC/CEC) limiting sustained current on a circuit breaker to 80% of its rated capacity, to prevent overheating during prolonged use.

Contacteur — Interrupteur électromécanique ou électronique commandé à distance, utilisé pour établir ou interrompre l'alimentation électrique d'un circuit.

CT1, CT2, CT3 (transformateurs de courant) — Capteurs mesurant le courant électrique par induction électromagnétique, sans contact direct avec le conducteur. CT1/CT2 mesurent les charges du logement ; CT3 mesure le courant fourni au véhicule.

Disjoncteur principal — Dispositif de protection limitant le courant total admissible à l'entrée électrique d'un logement.

DRM (gestion des droits numériques) — Mesures techniques de protection limitant l'usage d'une œuvre ; explicitement absentes de la présente dédicace CC0.

EMS (système de gestion de l'énergie) — Système électronique régulant la répartition de la puissance électrique disponible entre plusieurs charges, afin d'éviter toute surcharge.

EVSE (équipement d'alimentation pour véhicule électrique) — Terme normalisé désignant le chargeur ou la borne de recharge d'un véhicule électrique.

FPGA / ASIC — FPGA (Field-Programmable Gate Array) : circuit intégré reconfigurable. ASIC (Application-Specific Integrated Circuit) : circuit intégré conçu pour une application spécifique. Mentionnés au § 7.5 comme équivalents matériels possibles du microcontrôleur.

HTTPS (HyperText Transfer Protocol Secure) — Protocole de communication sécurisé (chiffré) utilisé pour la télémétrie à distance entre capteurs et unité de traitement.

Contactor — Remotely controlled electromechanical or electronic switch used to establish or interrupt the electrical supply of a circuit.

CT1, CT2, CT3 (Current Transformers) — Sensors measuring electrical current via electromagnetic induction, without direct contact with the conductor. CT1/CT2 measure dwelling loads; CT3 measures the current delivered to the vehicle.

Main Circuit Breaker — Protective device limiting the total allowable current at a dwelling electrical service entrance.

DRM (Digital Rights Management) — Technical protection measures restricting the use of a work; explicitly absent from this CC0 dedication.

EMS (Energy Management System) — Electronic system regulating the distribution of available electrical power among multiple loads, to prevent overload.

EVSE (Electric Vehicle Supply Equipment) — Standardized term for the charger or charging station of an electric vehicle.

FPGA / ASIC — FPGA (Field-Programmable Gate Array): reconfigurable integrated circuit. ASIC (Application-Specific Integrated Circuit): integrated circuit designed for a specific application. Cited in § 7.5 as possible hardware equivalents to the microcontroller.

HTTPS (HyperText Transfer Protocol Secure) — Secure (encrypted) communication protocol used for remote telemetry between sensors and the processing unit.

IEC 60898-1 — Norme disjoncteur domestique — Norme internationale (Commission électrotechnique internationale) régissant les disjoncteurs pour installations domestiques et similaires, incluant leur comportement thermique bipolaire. Référencée au § 4.2 pour la formule de protection I_total du déclencheur bipolaire.

IEC 61851-1 — Norme internationale (Commission électrotechnique internationale) régissant la recharge conductive des véhicules électriques, incluant le signal PWM/PILOT.

IoT (Internet des objets) — Réseau d'appareils connectés capables de transmettre des données à distance, utilisé ici pour la supervision du chargeur.

ISO 15118-20 — Norme internationale (2022), 2e génération, régissant la communication numérique entre véhicule et borne de recharge, incluant la charge bidirectionnelle, sans fil, et le mécanisme AC_ChargeLoop.

I_total — Variable représentant le courant total circulant sur une phase donnée du panneau électrique (somme du courant du logement et du courant du véhicule).

I_max_EVSE — Courant maximum autorisé au chargeur EVSE — Valeur plafond du courant continu délivrable par le chargeur EVSE, égale à 80 % du calibre du disjoncteur EVSE sélectionné, conformément à la règle de charge continue (NEC 625.42 / CEC Règle 8-104).

JSON (JavaScript Object Notation) — Format de données textuel structuré, largement utilisé en informatique, employé par la norme SAE J2847/6 pour les messages numériques sans fil.

Logique binaire 4 bits — Circuit logique utilisant 4 bits (16 combinaisons possibles) pour coder un nombre limité d'états ou de niveaux, utilisé dans le contrôleur TH-100 original.

IEC 60898-1 — Household Circuit Breaker Standard — International standard (International Electrotechnical Commission) governing circuit breakers for household and similar installations, including their bipolar thermal behaviour. Referenced in § 4.2 for the bipolar breaker I_total protection formula.

IEC 61851-1 — International standard (International Electrotechnical Commission) governing conductive EV charging, including the PWM/PILOT signal.

IoT (Internet of Things) — Network of connected devices capable of transmitting data remotely, used here for charger monitoring.

ISO 15118-20 — International standard (2022), 2nd generation, governing digital communication between vehicle and charging station, including bidirectional and wireless charging, and the AC_ChargeLoop mechanism.

I_total — Variable representing the total current flowing on a given phase of the electrical panel (sum of dwelling current and vehicle current).

I_max_EVSE — Maximum Current Authorized to the EVSE Charger — Maximum continuous current ceiling deliverable by the EVSE charger, equal to 80 % of the selected EVSE circuit breaker rating, in accordance with the continuous load rule (NEC 625.42 / CEC Rule 8-104).

JSON (JavaScript Object Notation) — Structured text data format, widely used in computing, employed by the SAE J2847/6 standard for wireless digital messages.

4-Bit Binary Logic — Logic circuit using 4 bits (16 possible combinations) to encode a limited number of states or levels, used in the original TH-100 controller.

Maître électricien — Titre professionnel désignant le plus haut niveau de certification en électricité décerné après une formation spécialisée, l'acquisition d'un nombre requis d'années d'expérience en tant qu'apprenti supervisé et la réussite d'un examen de certification. Un maître électricien peut concevoir des systèmes électriques, obtenir les permis nécessaires et superviser ou former légalement d'autres électriciens.

Master/Slave — Configuration où une unité (« Master ») coordonne le fonctionnement d'une seconde unité (« Slave »), ici pour répartir le courant disponible entre deux véhicules.

NEC/CEC — National Electrical Code (États-Unis) / Code canadien de l'électricité — codes réglementaires régissant les installations électriques.

NEC 625.42 / CEC Règle 8-104 — Articles spécifiques des codes électriques nord-américains (National Electrical Code / Code canadien de l'électricité) imposant la règle des 80 % pour les EVSE en tant que charges continues (courant soutenu ≥ 3 heures). Voir aussi : NEC/CEC.

OTA (mise à jour à distance) — Mécanisme de mise à jour du logiciel d'un appareil à distance, sans intervention physique.

Palier (discret) — Incrément unitaire de réglage du courant dans le signal PWM/PILOT. Le système comporte 87 paliers discrets : 76 paliers de 0,6 A chacun en Zone 1 (de 6 A à 51 A) et 11 paliers de 2,5 A chacun en Zone 2 (de 55 A à 80 A), conformément à IEC 61851-1 et SAE J1772. Le saut de 4 A entre 51 A (D = 85 %) et 55 A (D = 86 %) est visible à la Fig. 4 — il résulte du changement de pente entre les deux zones et n'est pas un choix de conception de l'inventeur.

PCT (Traité de coopération en matière de brevets) — Traité international administré par l'OMPI (Organisation mondiale de la propriété intellectuelle) permettant le dépôt simultané d'une demande de brevet dans de

Master Electrician — Professional title designating the highest tier of electrical licensing, awarded after completing a specialized training, accumulating a required number of years of supervised apprentice experience, and passing a certification exam. A master electrician can design electrical systems, obtain the necessary permits, and legally supervise or train other electricians.

Master/Slave — Configuration where one unit ("Master") coordinates the operation of a second unit ("Slave"), here to allocate available current between two vehicles.

NEC/CEC — National Electrical Code (United States) / Canadian Electrical Code — regulatory codes governing electrical installations.

NEC 625.42 / CEC Rule 8-104 — Specific articles of the North American electrical codes (National Electrical Code / Canadian Electrical Code) mandating the 80 % rule for EVSE as continuous loads (sustained current ≥ 3 hours). See also: NEC/CEC.

OTA (Over-The-Air) — Mechanism for remotely updating a device software without physical intervention.

Discrete Step — Unit increment of current adjustment in the PWM/PILOT signal. The system comprises 87 discrete steps: 76 steps of 0.6 A each in Zone 1 (from 6 A to 51 A) and 11 steps of 2.5 A each in Zone 2 (from 55 A to 80 A), in accordance with IEC 61851-1 and SAE J1772. The 4 A gap between 51 A (D = 85 %) and 55 A (D = 86 %) is visible in Fig. 4 — it results from the change in slope between the two zones and is not a design choice by the inventor.

PCT (Patent Cooperation Treaty) — International treaty administered by WIPO (World Intellectual Property Organization) enabling simultaneous patent application filing in numerous signatory countries. Cited

nombreux pays signataires. Cité au § 5.0 pour l'effet juridique de la présente divulgation.

PFC (correction du facteur de puissance) — Circuit électronique présent dans certains chargeurs embarqués de véhicules, sensible à une modulation directe et incorrecte de la puissance AC.

PILOT (Control Pilot) — Fil dédié du câble de recharge transportant le signal PWM entre la borne et le véhicule.

PWM (modulation de largeur d'impulsion) — Technique de signal électrique où la largeur des impulsions encode une information (ici, le courant maximal autorisé).

S*(t) — Seuil adaptatif — Valeur de seuil évoluant dans le temps selon un modèle d'échauffement cumulatif, utilisée pour la protection thermique proportionnelle du système.

SAE International — Organisme international de normalisation (anciennement Society of Automotive Engineers) publiant des normes ouvertes pour l'industrie automobile et du transport.

SAE J1772 — Norme nord-américaine régissant le connecteur et le signal de recharge conductive des véhicules électriques.

SAE J2847/6 — Norme (« Recommended Practice ») de communication numérique sans fil — protocole JSON sur Wi-Fi — entre véhicule et borne, pour la recharge par induction conforme à SAE J2954.

SAE J2954 — Norme régissant le transfert d'énergie sans fil (par induction) pour véhicules électriques légers.

Split-phase (120/240 V) — Configuration électrique nord-américaine fournissant deux phases de 120 V (déphasées de 180°) à partir d'un même service, combinées pour obtenir 240 V.

in § 5.0 regarding the legal effect of this disclosure.

PFC (Power Factor Correction) — Electronic circuit present in some onboard vehicle chargers, sensitive to direct and improper AC power modulation.

PILOT (Control Pilot) — Dedicated conductor within the charging cable carrying the PWM signal between the charging station and the vehicle.

PWM (Pulse Width Modulation) — Electrical signaling technique where pulse width encodes information (here, the maximum authorized current).

S*(t) — Adaptive Threshold — A threshold value evolving over time according to a cumulative heating model, used for the system proportional thermal protection.

SAE International — International standards organization (formerly Society of Automotive Engineers) publishing open standards for the automotive and transportation industry.

SAE J1772 — North American standard governing the connector and signal for conductive EV charging.

SAE J2847/6 — Standard ("Recommended Practice") for wireless digital communication — JSON protocol over Wi-Fi — between vehicle and station, for inductive charging compliant with SAE J2954.

SAE J2954 — Standard governing wireless (inductive) power transfer for light-duty electric vehicles.

Split-phase (120/240 V) — North American electrical configuration providing two 120 V phases (180° out of phase) from a single service, combined to obtain 240 V.

TH-100 — Contrôleur électronique conçu par Arnaldo S. Attallah et Pierre Levesque pour Thermolec Ltée (1976–1980), précurseur historique du progiciel EMS décrit dans ce document.

TLS 1.2/1.3 (sécurité de la couche de transport) — Protocoles cryptographiques assurant la sécurité (chiffrement) des communications réseau.

Triphasé — Configuration électrique utilisant trois phases décalées de 120°, courante en Europe, Asie et dans les installations industrielles. Dans ce document, le scénario 6 (§ 7.3) décrit l'application du progiciel EMS à un service triphasé international.

UL, CSA (organismes de certification) — Underwriters Laboratories, Canadian Standards Association — organismes nord-américains de certification de la sécurité des produits électriques.

UL 489 / CSA C22.2 No. 5-09 — Normes de disjoncteur nord-américaines — UL 489 (Underwriters Laboratories) et CSA C22.2 No. 5-09 (Association canadienne de normalisation) régissent les disjoncteurs modulaires (MCCB) en Amérique du Nord. Référencées au § 4.2 conjointement avec IEC 60898-1 pour la formule de protection thermique I_total.

VÉ (véhicule électrique) — Terme générique désignant tout véhicule propulsé entièrement ou partiellement par un moteur électrique et rechargeable depuis le réseau électrique. Utilisé de façon interchangeable avec VE dans ce document.

Wi-Fi (IEEE 802.11n) — Norme de communication sans fil locale utilisée pour transporter le protocole JSON de la norme SAE J2847/6.

Zenodo.org et Archive.org — Plateformes de dépôt et d'archivage numérique public utilisées pour la diffusion pérenne de la présente déclaration.

TH-100 — Electronic controller designed by Arnaldo S. Attallah and Pierre Levesque for Thermolec Ltd. (1976–1980), historical precursor to the EMS software described in this document.

TLS 1.2/1.3 (Transport Layer Security) — Cryptographic protocols ensuring the security (encryption) of network communications.

Three-Phase — Electrical configuration using three phases offset by 120°, common in Europe, Asia, and industrial installations. In this document, scenario 6 (§ 7.3) describes the application of the EMS software to an international three-phase service.

UL, CSA (Certification Bodies) — Underwriters Laboratories, Canadian Standards Association — North American product safety certification bodies.

UL 489 / CSA C22.2 No. 5-09 — North American Circuit Breaker Standards — UL 489 (Underwriters Laboratories) and CSA C22.2 No. 5-09 (Canadian Standards Association) govern molded-case circuit breakers (MCCB) in North America. Referenced in § 4.2 together with IEC 60898-1 for the I_total thermal protection formula.

EV (Electric Vehicle) — Generic term for any vehicle propelled entirely or partially by an electric motor and rechargeable from the electrical grid.

Wi-Fi (IEEE 802.11n) — Local wireless communication standard used to carry the JSON protocol of the SAE J2847/6 standard.

Zenodo.org and Archive.org — Public digital deposit and archiving platforms used for the lasting dissemination of this declaration.

ANNEXE B (FR). SIMULATION DE LA RÉGULATION PROPORTIONNELLE DU VÉ PAR SIGNAL PWM/PILOT EN BOUCLE FERMÉE

B.0 — Introduction

La présente annexe illustre, sous forme de simulation vidéo, le fonctionnement en boucle fermée du système EVSE+EMS décrit dans le corps du présent document. Plutôt qu'une démonstration physique avec simulateur portable — telle que celle réalisée par Pierre Levesque pour le contrôleur TH-100 en 1980 — cette annexe recrée virtuellement le comportement du système à partir des formules et principes déjà établis aux § 4.2, 4,3 et 7.7.

Trois courbes de courant (I_logement, I_VÉ, I_total) illustrent, sur une durée de six minutes, comment le système ajuste en continu le courant autorisé au véhicule électrique pour que la somme des courants ne dépasse jamais le seuil de sécurité adaptatif S*(t), tout en réagissant à des variations réalistes de la charge domestique et à un événement d'anomalie confirmée.

Cette annexe est disponible en deux versions distinctes et autonomes — (a) française et (b) anglaise — avec narration audio, le contenu pédagogique étant transmis à la fois par la narration et par le texte affiché à l'écran.

Simulation EVSE/EMS pour un disjoncteur principal de 100 A — Vidéo YouTube (FR)

Les simulations complémentaires suivantes sont également fournies pour mieux illustrer comment les paramètres de fonctionnement EVSE/EMS — S(t), S_min, S_max et seuil critique absolu — se traduisent en valeurs réelles pour d'autres calibres de disjoncteur principal.*

Simulation EVSE/EMS pour un disjoncteur principal de 60 A — Vidéo YouTube (FR)
Simulation EVSE/EMS pour un disjoncteur principal de 200 A — Vidéo YouTube (FR)

B.1 — Définition de l'algorithme

Partie A — Fonctionnement normal en boucle fermée

Idée générale, en langage simple : le système EVSE+EMS agit comme un gardien vigilant. À chaque instant, il vérifie que la somme du courant du logement et du courant du véhicule électrique (VÉ) reste sous une limite de sécurité. Si cette limite est approchée, il demande poliment au véhicule de tirer moins de courant — sans jamais couper la charge, sans jamais provoquer de coupure brutale.

A-1 — Le véhicule est-il présent et prêt ? Avant toute régulation, le système devrait savoir si un véhicule est branché. Il lit pour cela la tension du fil « Control Pilot » (CP), un signal normalisé qui indique quatre grands états possibles :

- ≈ 12 V — État A : véhicule non branché → le système ne fait rien, le courant du VÉ est nul.
- ≈ 9 V — État B : véhicule branché, pas encore prêt.
- ≈ 6 V — État C : véhicule prêt → la régulation active commence.

A-2 — Mesurer le courant total. Une fois le véhicule prêt, le système mesure trois courants grâce à des transformateurs de courant (CT) :

- CT1 et CT2 mesurent le courant du logement (les appareils domestiques, hors VÉ).
- CT3 mesure directement le courant tiré par le véhicule.

Il calcule ensuite : I_total = I_logement + I_VÉ

A-3 — Comparer au seuil de sécurité adaptatif S*(t). Le courant total autorisé est comparé, à chaque instant, non pas à une limite fixe, mais à un seuil de sécurité adaptatif S*(t), qui varie entre un plancher S_min = 70 A et un plafond S_max = 80 A — soit respectivement 70 % et 80 % du calibre du disjoncteur principal (100 A). Seul le plafond de 80 % constitue une exigence du Code canadien de l'électricité (art. 8-104(5)), qui limite à 80 % du calibre nominal la charge admissible en continu sur un circuit ou un équipement raccordé avec des conducteurs isolés jusqu'à 90 °C. Le plancher de 70 A relève quant à lui d'une marge de sécurité additionnelle propre à la présente conception, et non d'une prescription du Code.

Le seuil S*(t) est calculé comme suit :

$S(t) = 80 - 0{,}5 \times I_{total_lissé}(t)$

$S^*(t) = \text{clamp}(S(t), S_{min}, S_{max}) = \max(70, \min(80, S(t)))$

où I_total_lissé(t) est une moyenne mobile du courant du disjoncteur principal (constante de temps $\tau = 60$ s), qui adoucit les variations momentanées afin d'éviter que le seuil ne « sursaute » à chaque fluctuation domestique passagère.

A-4 — Corriger si nécessaire. Si I_total dépasse S*(t), le système calcule directement le nouveau palier de courant à commander au véhicule, à partir d'une table de correspondance dérivée de la Fig. 4 du document (87 paliers discrets, conformes à IEC 61851-1 / SAE J1772) :

- Zone 1 : $I = 0{,}6 \times D$ (76 paliers de 0,6 A, de 6 A à 51 A)
- Zone 2 : $I = 2{,}5 \times (D - 64)$ (11 paliers de 2,5 A, de 55 A à 80 A)

Ce nouveau palier est commandé en un seul cycle machine de 6 secondes (5 secondes normalisées SAE J1772:2017, Tableau 14, Transition 11, plus 1 seconde de marge) — pas de progression lente palier par palier ici, puisque le signal PWM change de valeur instantanément.

Une bande morte de sécurité empêche les oscillations : le système ne corrige à la hausse que si I_total redescend sous S*(t) − 1,565 A (soit la moitié de la bande d'hystérésis de 3,13 A, tel qu'illustré dans la courbe dynamique du seuil S*(t) présentée à la Fig. 1).

A-5 — Si le seuil est atteint malgré tout. Si la correction par paliers ne suffit pas et que S*(t) est tout de même atteint, le système suspend la recharge temporairement (signal d'état A envoyé au véhicule), sans couper l'alimentation interne du chargeur — Wi-Fi, télémétrie et mises à jour à distance restent actifs. Dès que la marge redevient disponible, la recharge reprend automatiquement, sans aucune alerte.

A-6 — Surveillance continue de la santé du véhicule. En parallèle, le système observe en continu si le signal CP passe à un état D, E ou F — respectivement : ventilation requise (≈3 V), absence d'alimentation (0 V), ou borne indisponible (≈−12 V).

Partie B — Anomalie confirmée et procédure de verrouillage

Idée générale : la Partie A suppose que le véhicule coopère toujours. La Partie B décrit ce qui se passe quand ce n'est pas le cas — un scénario rare, mais que le système devrait savoir gérer en toute sécurité.

B-1 — Détection de l'anomalie. Une anomalie est confirmée si l'une de ces conditions survient :

- Le véhicule n'exécute pas la réduction de courant commandée dans le délai normalisé de 5 secondes (SAE J1772:2017, Tableau 14, Transition 11)
- Le courant total dépasse le seuil critique absolu (une limite plus grave que S*(t) lui-même)
- Un état D, E ou F persiste alors qu'une session de charge était active

B-2 — Verrouillage persistant. Dès qu'une anomalie est confirmée : la recharge est suspendue et ne reprend pas automatiquement. Deux courriels d'alerte horodatés sont envoyés — l'un au maître électricien responsable de l'installation, l'autre à la gestion de l'immeuble, avec la cause du verrouillage indiquée. Le contenu de ces courriels précise, de façon non ambiguë, la catégorie de défaillance identifiée — défaut du véhicule, défaut de l'installation EVSE, ou lecture capteur incohérente (voir § C.1, modes 2 à 4) — accompagnée des valeurs mesurées et horodatées (I_logement, I_VÉ, I_total, seuil applicable) au moment du déclenchement, afin d'éviter toute confusion quant à la responsabilité de la défaillance entre les parties concernées (électricien, propriétaire du véhicule, fabricant ou installateur de l'EVSE). Immédiatement après l'envoi de ces deux courriels, le contacteur interne de l'EVSE s'ouvre, coupant toute alimentation fournie au véhicule — une coupure physique du courant, distincte et plus radicale que la simple suspension du signal PWM/PILOT utilisée aux Situations 1 et 2. Dans ce cas précis, le contacteur reçoit l'ordre de s'ouvrir instantanément, sans attendre la séquence normale de mise à 0 A préalable au signal PWM/PILOT (utilisée en fonctionnement normal pour préserver la durée de vie des contacts) — puisque CT3 confirme que cette commande de réduction n'est pas respectée, l'attendre davantage serait sans objet. Cette exception est analogue à celle d'un défaut à la terre : la sécurité prime alors sur l'usure des contacts.

B-3 — Déverrouillage manuel, prudent. Seul le maître électricien peut débloquer le système, via une interface Bluetooth locale. La reprise se fait alors palier par palier, avec confirmation du courant réel (CT3) à chaque étape avant de passer au palier suivant — contrairement à la Partie A, ici la prudence prime sur la vitesse, puisqu'on reprend après un incident de sécurité confirmé. Si la cause du verrouillage est le véhicule (et non l'installation), le maître électricien rédige un rapport écrit documentant le défaut, débranche le chargeur du véhicule — sa responsabilité s'arrêtant à l'installation électrique — puis procède néanmoins au déverrouillage du système selon la procédure ci-dessus. Il avise le propriétaire du véhicule de ne pas le rebrancher avant réparation chez le concessionnaire : tant que la défectuosité du système de gestion de charge du véhicule n'aura pas été corrigée, tout rebranchement reproduira la même anomalie et déclenchera à nouveau le verrouillage.

B-4 — Ce qui ne change jamais. Même en verrouillage, l'alimentation interne du chargeur n'est jamais interrompue ; Wi-Fi, télémétrie, journalisation et transmission des alertes restent actifs en permanence.

Précision — Alimentation du logement pendant le verrouillage. *Le logement demeure lui aussi alimenté normalement pendant toute la durée du verrouillage — sa consommation n'est jamais affectée. Ceci découle directement de l'architecture Y-Split (§ 4.2.4) : les circuits du véhicule et du logement sont physiquement séparés et mesurés de façon indépendante (CT1+CT2 pour le logement, CT3 pour le véhicule), de sorte qu'une suspension de la fonction de recharge n'a aucune incidence sur l'alimentation du reste du logement. Le disjoncteur principal du service ne se déclenche à aucun moment durant cette séquence : le verrouillage est une mesure préventive et logicielle prise par l'EMS, non un événement de protection physique.*

Note de portée — Court-circuit dans le logement. *Un court-circuit survenant dans le logement n'est pas destiné à être détecté ni géré par la logique de verrouillage EMS décrite ci-dessus. Un court-circuit franc produit un courant largement supérieur au seuil critique absolu (souvent plusieurs centaines à plusieurs milliers d'ampères) et déclenche le disjoncteur secondaire (de branche) protégeant le circuit en cause, par déclenchement magnétique quasi instantané — de l'ordre de quelques millisecondes, indépendamment de toute considération thermique — bien avant que le système EMS, qui échantillonne le courant toutes les 6 secondes, ne puisse intervenir. Le seuil critique absolu et la logique de verrouillage de la présente annexe visent des conditions de surcharge soutenue ou de non-conformité du véhicule à l'échelle de la seconde, non des défauts francs de type court-circuit, qui demeurent entièrement du ressort de la protection du disjoncteur de branche.*

B.2 — Description narrative du scénario simulé

La simulation couvre cinq phases narratives successives — connexion, matin, jour, soir et pré-défaillance/anomalie — chacune identifiée à l'écran par un bandeau de titre et une couleur de fond distinctive correspondant à la phase de simulation en cours.

0:00 à environ 0:20 — Connexion du véhicule. Le signal Control Pilot transite de l'état A (aucun véhicule, ≈12 V) à l'état B (véhicule connecté, ≈9 V), puis à l'état C (véhicule prêt, ≈6 V), déclenchant l'activation de la régulation proportionnelle (Algorithme, Partie A-1). I_VÉ demeure à 0 A tant que l'état C n'est pas atteint (SAE J1772 / IEC 61851-1).

Environ 0:20 à 1:35 — Matin : lever, douches, déjeuner. Période turbulente et intense : le courant du logement oscille fortement, entre environ 15 A et 46 A, entraînant des corrections descendantes répétées du courant autorisé au véhicule (ex. : réduction observée de 29,4 A à 26,4 A vers 1:00 pour ramener I_total sous S*(t) = 73,9 A).

Environ 1:35 à 3:00 — Jour : occupants absents, activité très faible. Le courant du logement chute à environ 0-4 A ; le véhicule reçoit alors l'essentiel de la marge disponible, I_VÉ remontant à environ 67-70 A.

3:00 à 4:30 — Soir : retour des occupants. Nouvelle période turbulente et intense ; le courant du logement oscille de nouveau, entre environ 15 A et 55 A.

4:30 à environ 5:20 — Pré-défaillance. I_VÉ reste stable à environ 49-50 A, I_total à environ 68-70 A et le logement à environ 18-20 A, sans variation notable jusqu'à la détection de l'anomalie qui suit.

Environ 5:20 à 5:30 — Anomalie détectée. Le véhicule se met à tirer 105,0 A de sa propre initiative, indépendamment de toute commande de l'EMS. Après le délai de confirmation normalisé de 5 secondes (SAE J1772:2017, Tableau 14, Transition 11), le courant total atteint environ 125 A, dépassant le seuil critique absolu de 120 A.

5:30 à environ 6:14 — Verrouillage persistant. Conformément à la Situation 3 décrite au § 7.7 du présent document, la recharge est suspendue et ne reprend pas automatiquement. Deux courriels d'alerte horodatés sont transmis — au maître électricien responsable de l'installation et à la gestion de l'immeuble — indiquant la cause du verrouillage. I_VÉ = 0 A (contacteur EVSE ouvert) ; le logement demeure alimenté normalement (environ 11-20 A observés). Le déverrouillage, strictement manuel, revient au maître électricien via l'interface Bluetooth locale.

Le rétablissement de l'opération du chargeur peut s'effectuer plus tard, étape par étape (à la suite de l'intervention du maître électricien) avec confirmation de la mesure de I_VÉ par CT3 à chaque étape (Algorithme, Partie B-3). En tout temps, y compris pendant le verrouillage, l'alimentation interne du chargeur demeure active, de même que la connectivité Wi-Fi, la télémétrie et la transmission des alertes.

B.3 — Note de transparence méthodologique

Les valeurs numériques spécifiées à la Fig. 1 et utilisées dans la présente simulation (notamment le facteur I_critique = 1,20 × I_disjoncteur_principal, la bande d'hystérésis de ±1,565 A, la plage de S*(t) comprise entre 10 % et 80 % de I_disjoncteur_principal, le cycle machine de 6 secondes, ainsi que le profil de charge résidentiel illustratif de 3,2 à 4,8 kW) sont toutes des valeurs de conception illustratives, choisies à des fins pédagogiques visant à démontrer le principe de régulation proportionnelle en boucle fermée. Elles ne constituent ni des spécifications finales, ni des données mesurées en conditions réelles.

Noter que la Fig. 4, présentée plus tôt dans ce document, mentionne une « hystérésis virtuelle » dans une note intégrée à l'image (H = N_steps × Résolution = 1,2 A en Zone 1, 5,0 A en Zone 2, et 5,6 A en Zone de transition). D'autre part, la Fig. 1 à laquelle réfère l'Annexe B (§B.1, A-4) mentionne une bande d'hystérésis de ±1,565 A (soit 3,13 A d'amplitude totale de bande morte) pour la logique de correction du seuil S*(t).

Il s'agit en fait de deux hystérésis différentes et indépendantes, légitimes en tant que telles :

1) L'hystérésis de commutation entre paliers PWM adjacents qui évite le battement entre paliers PWM adjacents.
2) L'hystérésis de déclenchement/relâchement du seuil de protection S*(t) qui évite le battement de la correction du seuil adaptatif.

Cependant, comme les valeurs des seuils de la bande d'hystérésis de ±1,565 A ne sont que des valeurs de conception illustratives, celles-ci pourraient éventuellement être unifiés/harmonisés avec les valeurs de seuils variables des Zones 1 et 2 de la Fig. 4, dans la mesure où une telle adaptation permettrait de simplifier ou d'améliorer la stabilité et la fiabilité de l'implantation du principe de régulation proportionnelle en boucle fermée.

Finalement, toutes ces valeurs illustratives devraient être validées par les ingénieurs de recherche et développement, notamment par des essais in situ, par rapport aux courbes de déclenchement types des disjoncteurs visés par le produit et aux profils de charge réels des installations concernées, avant de procéder à toute mise en production. Cette exigence de validation s'applique également aux paramètres illustratifs analogues cités ailleurs dans le présent document et dans l'Annexe C (AMDE/FMEA), qui renvoient à la présente note.

B.4 — Références

[1] SAE International, *Electric Vehicle and Plug-in Hybrid Electric Vehicle Conductive Charge Coupler*, SAE Standard J1772, 2017, Tableau 14, Transition 11 (délai normalisé de 5 secondes).

[2] International Electrotechnical Commission, *Electric Vehicle Conductive Charging System — Part 1: General Requirements*, IEC Standard 61851-1.

[3] SAE International, *Electric Vehicle and Plug-in Hybrid Electric Vehicle Conductive Charge Coupler*, SAE Standard J1772 (états A, B, C, D, E, F du signal Control Pilot), référence croisée à IEC 61851-1.

[4] International Electrotechnical Commission / SAE International, *Signal PWM/PILOT, 87 paliers discrets*, (voir Fig. 4 du présent document), IEC 61851-1 / SAE J1772.

[5] Canadian Standards Association, *Code canadien de l'électricité (CCÉ), CSA 22.1, Partie I*, art. 8-104 (limite de 80 % du calibre du disjoncteur principal).

[6] Underwriters Laboratories Inc., *Standard for Electric Vehicle Supply Equipment*, UL Standard 2594, 3e éd., 15 déc. 2022, norme trinationale harmonisée avec CSA C22.2 No. 280 et NMX-J-677-ANCE.

[7] Association canadienne de normalisation, *Electric Vehicle Supply Equipment* (norme trinationale harmonisée avec UL 2594 et NMX-J-677-ANCE), norme CSA C22.2 No. 280:22, 3e éd., 2022.

[8] National Fire Protection Association, *National Electrical Code (NEC)*, norme NFPA 70, éd. 2026, notamment l'art. 625 (Electric Vehicle Power Transfer System) — code américain, à distinguer du Code canadien de l'électricité (CSA C22.1, déjà cité en réf. [5]).

[9] Commission électrotechnique internationale (CEI/IEC), *Transformateurs de mesure*, série de normes IEC 61869 — notamment la Partie 1 : Exigences générales, et la Partie 2 : Exigences supplémentaires pour les transformateurs de courant (applicable aux capteurs CT1, CT2 et CT3 décrits dans le présent document).

[10] Organisation internationale de normalisation (ISO), *Management du risque — Lignes directrices*, norme ISO 31000:2018 (applicable à la démarche AMDE/FMEA de l'Annexe C).

[11] A. Attallah, *Y-Split EVSE+EMS — EV Charger — Bilingual Announcement*, auto-édité. [En ligne]. Disponible : https://doi.org/10.5281/zenodo.21543053

[12] A. Attallah, *Y-Split EVSE+EMS — Bilingual Declaration of Intent for Public Domain Dedication CC0 1.0 Disclosure and Historical Record*, auto-édité (art. 4.2, 4.3, 7.7, 9.5 et glossaire).
[En ligne]. Disponible : https://doi.org/10.5281/zenodo.21482721

[13] A. Attallah, *Fig. 1 — EVSE+EMS · Seuil adaptatif unique S*(t) avec hystérésis — bande d'hystérésis : ±1,565 A, plage S*(t) : 10-80 %*, auto-édité.
[En ligne]. Disponible : https://arnaldo-attallah.github.io/EVSE_EMS_Fig8_Hysteresis_v14/EVSE_EMS_Fig1_Hysteresis_v14.html

[14] U.S. Energy Information Administration (EIA), *Hourly Electricity Consumption Varies Throughout the Day and Across Seasons*, U.S. Dept. of Energy. [En ligne].

[15] I. S. F. Gomes, A. Abdin, J. Puchinger, and Y. Perez, *Étude technique sur la tarification de recharge VÉ (MPEC assessment)*, arXiv preprint arXiv:2603.11894, mars 2026. Profil de charge résidentiel, pics de 3,2 à 4,8 kW.

[16] CZT Connectors, *J1772 Connector Explained — AC EV Charging Guide*. [En ligne].
Disponible : https://www.cablematters.com/Blog/Power/what-is-j1772

[17] J. K. Hooker (General Electric Co.), *System and Method of Pre-Charge Testing to Prevent Misuse of Electric Vehicle Charging Station*, Brevet U.S. 10,882,415 B2, 5 jan. 2021 (précisions sur les tensions des états D, E, F).
[En ligne]. Disponible: https://patents.google.com/patent/US10882415B2/en

[18] World Wide Web Consortium (W3C), *Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.1*, W3C Recommendation, 5 juin 2018, Success Criterion 1.4.11 (contraste minimal 3:1 pour éléments visuels adjacents).

APPENDIX B (EN). SIMULATION OF CLOSED-LOOP PROPORTIONAL EV CHARGING REGULATION VIA PWM/PILOT SIGNAL

B.0 — Introduction

This appendix illustrates, in the form of a video simulation, the closed-loop operation of the EVSE+EMS system described in the body of this document. Rather than a physical demonstration with a portable simulator — such as the one conducted by Pierre Levesque for the TH-100 controller in 1980 — this appendix virtually recreates the system behaviour based on the formulas and principles already established in §§ 4.2, 4.3 and 7.7.

Three current curves (I_dwelling, I_EV, I_total) illustrate, over a six-minute duration, how the system continuously adjusts the current authorized to the electric vehicle so that the sum of the currents never exceeds the adaptive safety threshold S*(t), while reacting to realistic variations in household load and to a confirmed anomaly event.

This appendix *is available in two distinct, self-contained versions — (a) French and (b) English — with audio narration, the pedagogical content being conveyed both through the narration and through the text displayed on screen.*

EVSE/EMS Simulation for a 100 A Main Service Circuit Breaker — YouTube Video (EN)

The following complementary simulations are also provided to better illustrate how the various EVSE/EMS operating parameters — S(t), S_min, S_max, and absolute critical threshold — translate to actual values for other main service circuit breaker ratings.*

EVSE/EMS Simulation for a 60 A Main Service Circuit Breaker — YouTube Video (EN)
EVSE/EMS Simulation for a 200 A Main Service Circuit Breaker — YouTube Video (EN)

B.1 — Definition of the Algorithm

Part A — Normal Closed-Loop Operation

General idea, in plain language: the EVSE+EMS system acts as a vigilant guardian. At every moment, it verifies that the sum of the dwelling current and the electric vehicle (EV) current stays below a safety limit. If this limit is approached, it politely asks the vehicle to draw less current — without ever cutting off charging, without ever causing an abrupt interruption.

A-1 — Is the vehicle present and ready? Before any regulation, the system should know whether a vehicle is plugged in. It does so by reading the voltage on the Control Pilot (CP) wire, a standardized signal indicating four main possible states:

- ≈ 12 V — State A: vehicle not connected → the system does nothing; EV current is zero.
- ≈ 9 V — State B: vehicle connected, not yet ready.
- ≈ 6 V — State C: vehicle ready → active regulation begins.

A-2 — Measure the total current. Once the vehicle is ready, the system measures three currents using current transformers (CT):

- CT1 and CT2 measure the dwelling current (household appliances, excluding the EV).
- CT3 directly measures the current drawn by the vehicle.

It then calculates I_total = I_dwelling + I_EV

A-3 — Compare against the adaptive safety threshold S*(t). The total authorized current is compared, at every instant, not against a fixed limit, but against an adaptive safety threshold S*(t), which varies between a floor of S_min = 70 A and a ceiling of S_max = 80 A — corresponding to 70% and 80% of the main circuit breaker rating (100 A), respectively. Only the 80% ceiling is a requirement of the Canadian Electrical Code (CE Code), Rule 8-104(5), which limits the continuous load on a circuit or piece of equipment connected with conductors rated up to 90°C to 80% of its nominal rating. The 70 A floor, by contrast, is an additional safety margin specific to this design, and is not a Code requirement.

The threshold S*(t) is calculated as follows:

$$S(t) = 80 - 0.5 \times I_{total_smoothed}(t)$$

$$S^*(t) = \text{clamp}(S(t), S_{min}, S_{max}) = \max(70, \min(80, S(t)))$$

where I_total_smoothed(t) is a moving average of the main circuit breaker current (time constant τ = 60 s), which smooths out momentary variations to prevent the threshold from “jumping” at every passing domestic fluctuation.

A-4 — Correct if necessary. If I_total exceeds S*(t), the system directly computes the new current step to command to the vehicle, from a lookup table derived from Fig. 4 of the document (87 discrete steps, compliant with IEC 61851-1 / SAE J1772):

- Zone 1: $I = 0.6 \times D$ (76 steps of 0.6 A, from 6 A to 51 A).
- Zone 2: $I = 2.5 \times (D - 64)$ (11 steps of 2.5 A, from 55 A to 80 A).

This new step is commanded in a single 6-second machine cycle (5 seconds normalized per SAE J1772:2017, Table 14, Transition 11, plus a 1-second margin) — no slow step-by-step progression here, since the PWM signal changes value instantaneously.

A safety dead band prevents oscillation: the system only corrects upward once I_total drops back below S*(t) − 1.565 A (i.e. half of the 3.13 A hysteresis band, as illustrated in the dynamic S*(t) threshold curve presented in Fig. 1).

A-5 — If the threshold is reached regardless. If step-by-step correction is not sufficient and S*(t) is nonetheless reached, the system suspends charging temporarily (State A signal sent to the vehicle), without cutting the charger internal power supply — Wi-Fi, telemetry, and remote updates remain active. As soon as margin becomes available again, charging resumes automatically, with no alert generated.

A-6 — Continuous monitoring of vehicle health. In parallel, the system continuously monitors whether the CP signal transitions to State D, E, or F — respectively: ventilation required (≈3 V), no power (0 V), or charger unavailable (≈−12 V).

Part B — Confirmed Anomaly and Lockout Procedure

General idea: Part A assumes the vehicle always cooperates. Part B describes what happens when it does not — a rare scenario, but one the system should be able to manage safely.

B-1 — Anomaly detection. An anomaly is confirmed if any of the following conditions occurs:

- The vehicle does not execute the commanded current reduction within the normalized 5-second delay (SAE J1772:2017, Table 14, Transition 11).
- Total current exceeds the absolute critical threshold (a more severe limit than S*(t) itself).
- A State D, E, or F persists while a charging session was active.

B-2 — Persistent lockout. As soon as an anomaly is confirmed: charging is suspended and does not resume automatically. Two timestamped alert emails are sent — one to the master electrician responsible for the installation, the other to building management — indicating the cause of the lockout. The content of these emails unambiguously specifies the identified failure category — vehicle fault, EVSE installation fault, or inconsistent sensor reading (see § C.1, modes 2 through 4) — together with the measured, timestamped values (I_dwelling, I_EV, I_total, applicable threshold) at the moment of the trigger, in order to avoid any confusion regarding responsibility for the failure among the parties involved (electrician, vehicle owner, EVSE manufacturer or installer). Immediately after these two emails are sent, the EVSE internal contactor opens, cutting all actual power delivered to the vehicle — a physical current interruption, distinct from and more severe than the simple PWM/PILOT signal suspension used in Situations 1 and 2. In this specific case, the contactor is commanded to open instantaneously, without waiting for the normal pre-opening sequence of setting the PWM/PILOT signal to 0 A first (used in normal operation to preserve contact life) — since CT3 confirms that this reduction command is not being complied with, waiting further would serve no purpose. This exception is analogous to a ground fault: safety then takes precedence over contact wear.

B-3 — Manual, cautious unlocking. Only the master electrician can unlock the system, via a local Bluetooth interface. Recovery then proceeds step by step, with confirmation of the actual current (CT3) at each stage before advancing to the next step — unlike Part A, here caution takes precedence over speed, since this is a recovery following a confirmed safety incident. If the cause of the lockout is the vehicle (rather than the installation), the master electrician writes a report documenting the fault, disconnects the charger from the vehicle — their responsibility ending at the electrical installation — and then unlocks the system anyway, following the procedure above. They advise the vehicle owner not to reconnect it before repair at the dealership: until the vehicle charge management system fault has been corrected, any reconnection will reproduce the same anomaly and trigger the lockout again.

B-4 — What never changes. Even during lockout, the charger internal power supply is never interrupted; Wi-Fi, telemetry, event logging, and alert transmission remain permanently active.

Clarification — Dwelling power supply during lockout. *The dwelling likewise remains normally powered throughout the entire lockout — its consumption is never affected. This follows directly from the Y-Split architecture (§4.2.4): the vehicle and dwelling circuits are physically separated and independently measured (CT1+CT2 for the dwelling, CT3 for the vehicle), such that suspending the charging function has no impact whatsoever on the rest of the dwelling power supply. The main service breaker does not trip at any point during this sequence: the lockout is a preventive, software-driven measure taken by the EMS, not a physical protection event.*

Scope note — Short circuit within the dwelling. *A short circuit occurring within the dwelling is not intended to be detected or managed by the EMS lockout logic described above. A bolted short circuit produces current far exceeding the absolute critical threshold (often several hundred to several thousand amperes) and trips the secondary (branch) circuit breaker protecting the affected circuit, via near-instantaneous magnetic trip — on the order of a few milliseconds, independent of any thermal consideration — well before the EMS system, which samples current every 6 seconds, could ever intervene. The absolute critical threshold and lockout logic in this appendix address sustained overload or vehicle non-compliance conditions on the scale of seconds, not bolted short-circuit faults, which remain entirely the responsibility of branch circuit breaker protection.*

B.2 — Narrative Description of the Simulated Scenario

The simulation covers five successive narrative phases — connection, morning, day, evening, and pre-failure/anomaly — each identified on screen by a title banner and a distinctive background color corresponding to the current simulation phase.

0:00 to about 0:20 — Vehicle connection. The Control Pilot signal transitions from state A (no vehicle, ≈12 V) to state B (vehicle connected, ≈9 V), then to state C (vehicle ready, ≈6 V), triggering activation of the proportional regulation (Algorithm, Part A-1). I_EV remains at 0 A until state C is reached (SAE J1772 / IEC 61851-1).

About 0:20 to 1:35 — Morning: waking up, showers, breakfast. Turbulent, intense period: the dwelling current fluctuates sharply, roughly between 15 A and 46 A, triggering repeated downward corrections of the current authorized to the vehicle (e.g., a reduction from 29.4 A to 26.4 A observed around 1:00 to bring I_total below S*(t) = 73.9 A).

About 1:35 to 3:00 — Day: occupants away, very low activity. The dwelling current drops to roughly 0-4 A; the vehicle then receives most of the available margin, I_EV rising back to roughly 67-70 A.

3:00 to 4:30 — Evening: occupants return home. Another turbulent, intense period: the dwelling current fluctuates again, roughly between 15 A and 55 A.

4:30 to about 5:20 — Pre-failure. I_EV stays steady at roughly 49-50 A, I_total at roughly 68-70 A, and the dwelling at roughly 18-20 A, with no notable variation until the anomaly detection that follows.

About 5:20 to 5:30 — Anomaly detected. The vehicle begins drawing 105 A on its own initiative, independent of any EMS command. After the normalized 5-second confirmation delay (SAE J1772:2017, Table 14, Transition 11), total current reaches roughly 125 A, exceeding the absolute critical threshold of 120 A.

5:30 to about 6:12 — Persistent lockout. In accordance with Situation 3 described in § 7.7 of this document, charging is suspended and does not resume automatically. Two time-stamped alert emails are sent — one to the master electrician responsible for the installation and the other to the building management — indicating the cause of the lockout. I_EV = 0 A (EVSE contactor open); the apartment remains powered normally (approximately 11-20 A observed). Unlocking, which is strictly manual, is the responsibility of the master electrician via the local Bluetooth interface.

The charger operation can resume later, step by step (after intervention of the master electrician), with confirmation of the I_EV measurement by CT3 at each stage (Algorithm, Part B-3). At all times, including during the lockout, the charger's internal power supply remains active, as do Wi-Fi connectivity, telemetry, and alert transmission.

B.3 — Methodological Transparency Note

The numerical values specified in Fig. 1 and used in this simulation (namely the I_critical = 1.20 × I_main_breaker factor, the ±1.565 A hysteresis band, the S*(t) range comprised between 10% and 80% of I_main_breaker, the 6-second machine cycle, and the illustrative residential load profile of 3.2 to 4.8 kW) are all illustrative design values, selected for pedagogical purposes aiming to demonstrate the closed-loop proportional regulation principle. They do not constitute final specifications or measured real-world data.

Note that Fig. 4, presented earlier in this document, mentions a "virtual hysteresis" in an image note (H = N_steps × Resolution = 1.2 A in Zone 1, 5.0 A in Zone 2, and 5.6 A in Transition Zone). On the other hand, Fig. 1, referred to in Appendix B (§B.1, A-4), mentions a hysteresis band of ±1.565 A (i.e., 3.13 A total dead band amplitude) for the threshold correction logic S*(t).

These are in fact two different and independent hysteresis functions, each valid in its own right:

1) The switching hysteresis between adjacent PWM steps, which prevents beat between adjacent PWM steps.
2) The trigger/release hysteresis of the protection threshold S*(t), which prevents beat in the adaptive threshold correction.

However, since the hysteresis band threshold values of ±1.565 A are only illustrative design values, these could potentially be unified/harmonized with the variable threshold values of Zones 1 and 2 in Fig. 4, as far as such an adaptation would allow to simplify or improve the stability and reliability of the principle of the closed-loop proportional control implementation.

Finally, all these illustrative values should be validated by research and development engineers, including through in situ testing, against the typical trip curves of the breakers targeted by the product and the actual load profiles of the installations concerned, before proceeding with any production deployment. This validation requirement also applies to the analogous illustrative parameters cited elsewhere in this document and in Appendix C (FMEA), which refer to this note.

B.4 — References

[1] SAE International, *Electric Vehicle and Plug-in Hybrid Electric Vehicle Conductive Charge Coupler*, SAE Standard J1772, 2017, Table 14, Transition 11 (normalized 5-second delay).

[2] International Electrotechnical Commission, *Electric Vehicle Conductive Charging System — Part 1: General Requirements*, IEC Standard 61851-1.

[3] SAE International, *Electric Vehicle and Plug-in Hybrid Electric Vehicle Conductive Charge Coupler*, SAE Standard J1772 (control pilot signal states A, B, C, D, E, F), cross-referenced with IEC 61851-1.

[4] International Electrotechnical Commission / SAE International, *Control Pilot PWM Signal Specification, 87 Discrete Duty-Cycle Steps* (see Fig. 4 herein), IEC 61851-1 / SAE J1772.

[5] Canadian Standards Association, *Canadian Electrical Code (CEC), CSA Standard 22.1, Part I*, Rule 8-104 (80% continuous-load limit on main breaker rating).

[6] Underwriters Laboratories Inc., *Standard for Electric Vehicle Supply Equipment*, UL Standard 2594, 3rd ed., Dec. 15, 2022, tri-national standard harmonized with CSA C22.2 No. 280 and NMX-J-677-ANCE.

[7] Canadian Standards Association, *Electric Vehicle Supply Equipment* (tri-national standard harmonized with UL 2594 and NMX-J-677-ANCE), CSA Standard C22.2 No. 280:22, 3rd ed., 2022.

[8] National Fire Protection Association, *National Electrical Code (NEC)*, NFPA Standard 70, 2026 ed., in particular Art. 625 (Electric Vehicle Power Transfer System) — U.S. code, distinct from the Canadian Electrical Code (CSA C22.1, already cited as ref. [5]).

[9] International Electrotechnical Commission, *Instrument Transformers*, IEC 61869 series — notably Part 1: General Requirements, and Part 2: Additional Requirements for Current Transformers (applicable to the CT1, CT2, and CT3 sensors described in this document).

[10] International Organization for Standardization, *Risk Management — Guidelines*, ISO Standard 31000:2018 (applicable to the FMEA methodology in Appendix C).

[11] A. Attallah, *Y-Split EVSE+EMS — EV Charger — Bilingual Announcement*, self-published. [Online]. Available: https://doi.org/10.5281/zenodo.21543053

[12] A. Attallah, *Y-Split EVSE+EMS — Bilingual Declaration of Intent for Public Domain Dedication CC0 1.0 Disclosure and Historical Record*, self-published (secs. 4.2, 4.3, 7.7, 9.5 and glossary). [Online]. Available: https://doi.org/10.5281/zenodo.21482721

[13] A. Attallah, *Fig. 1 — EVSE+EMS · Single adaptive threshold S*(t) with hysteresis* — hysteresis band: ±1.565 A, S*(t) range: 10-80%, self-published. [Online]. Available: https://arnaldo-attallah.github.io/EVSE_EMS_Fig8_Hysteresis_v14/EVSE_EMS_Fig1_Hysteresis_v14.html

[14] U.S. Energy Information Administration (EIA), *Hourly Electricity Consumption Varies Throughout the Day and Across Seasons*, U.S. Dept. of Energy. [Online].

[15] I. S. F. Gomes, A. Abdin, J. Puchinger, and Y. Perez, *New Electric Vehicle Charging Rate Design: An MPEC Assessment*, arXiv preprint arXiv:2603.11894, Mar. 2026 (residential load profile, peak 3.2 to 4.8 kW).

[16] CZT Connectors, *J1772 Connector Explained — AC EV Charging Guide*. [Online]. Available: https://www.cablematters.com/Blog/Power/what-is-j1772

[17] J. K. Hooker (General Electric Co.), *System and Method of Pre-Charge Testing to Prevent Misuse of Electric Vehicle Charging Station*, U.S. Patent 10,882,415 B2, Jan. 5, 2021. Details on states D/E/F voltage levels.
[Online]. Available: https://patents.google.com/patent/US10882415B2/en

[18] World Wide Web Consortium (W3C), *Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.1*, W3C Recommendation, June 5, 2018, Success Criterion 1.4.11 (minimum 3:1 contrast for adjacent visual elements).

ANNEXE C (FR). ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE (AMDE / FMEA)

C.1 — Analyse préliminaire

L'analyse préliminaire suivante, structurée selon la méthode AMDE (Analyse des Modes de Défaillance et de leurs Effets — FMEA), recense les modes de défaillance identifiés à ce jour pour le système EVSE+EMS, au-delà des cas déjà traités en détail dans les Parties A et B de l'algorithme (défaut du véhicule, court-circuit du logement).

#	Mode de défaillance	Cause potentielle	Effet potentiel	Sévérité *	Détection actuelle	Mesure / statut
1	Court-circuit dans le logement	Défaut de câblage, appareil défectueux	Courant très élevé, risque d'incendie	Élevée	Déclenchement magnétique quasi instantané du disjoncteur de branche (ms)	Hors du périmètre EMS — protection assurée par le disjoncteur de branche (voir Note de portée, § B.1)
2	Défaut du système de gestion de charge du VÉ	Défaillance électronique/logicielle du véhicule	Courant excessif auto-induit, dépassement du seuil critique	Élevée	1 cycle (6 s) via CT3, comparaison au seuil critique	Verrouillage automatique, rapport du maître électricien, réparation chez le concessionnaire (§ B.3) — couvert
3	Défaut de l'installation EVSE elle-même (contacteur collé, capteur EVSE hors service, bogue firmware)	Défaillance matérielle ou logicielle de l'EVSE	Régulation incorrecte même si VÉ et logement sont normaux	Élevée	Non distinguée explicitement du cas « défaut VÉ » dans la version actuelle	À AJOUTER : le rapport du maître électricien devrait distinguer cause installation vs cause véhicule ; réparation de l'installation requise avant tout déverrouillage si la cause est l'EVSE
4	Défaillance d'un capteur de courant (CT1, CT2 ou CT3)	Capteur débranché, endommagé, ou dérive de calibration	Lecture erronée (ex. 0 A alors que le courant réel est élevé) — risque de masquer un danger réel	Élevée (peut masquer une surcharge réelle)	Aucune redondance ni autotest décrits actuellement	À AJOUTER : autotest périodique de plausibilité (valeur hors plage physique déclenche une alerte capteur distincte)
5	Redémarrage après coupure de courant pendant un verrouillage	Panne puis rétablissement du service électrique	Risque de redémarrage déverrouillé par défaut, contournant la protection	Élevée si redémarrage déverrouillé	Non précisé actuellement	À AJOUTER : l'état de verrouillage devrait être conservé en mémoire non volatile et restauré au redémarrage (fail-safe)
6	Verrouillages répétés	Rebranchement du VÉ non réparé malgré l'avertissement	Cycles répétés de déverrouillage/re-verrouillage, sollicitation	Modérée	Chaque occurrence détectée individuellement, sans compteur cumulatif	À AJOUTER : compteur de verrouillages sur fenêtre de temps (ex. 3 en 24 h)

			excessive du contacteur			déclenchant une alerte renforcée
7	États D/E/F persistants	Défaut du véhicule ou de la liaison Control Pilot	Recharge suspendue pour une durée indéterminée si l'état persiste	Faible à modérée	Surveillance continue (Algorithme, Partie A-6)	Partiellement couvert — absence de durée maximale avant escalade vers Situation 3 ; À CLARIFIER
8	Échec de transmission des courriels d'alerte	Panne de connexion Internet/Wi-Fi au moment du verrouillage	Verrouillage effectif, mais maître électricien et gestion de l'immeuble non avisés	Élevée (défaut de la fonction de sécurité elle-même)	Aucune confirmation de livraison ni nouvelle tentative décrites	À AJOUTER : nouvelle tentative automatique d'envoi + journalisation locale horodatée, consultable même hors connexion
9 ⁑	Interruption d'une mise à jour OTA du firmware EVSE par une coupure de courant secteur	Panne fortuite du réseau électrique (indépendante du verrouillage EMS — celui-ci n'interrompt que le courant livré au VÉ via le contacteur bipolaire, sans couper l'alimentation propre de l'EVSE)	Mise à jour incomplète	Faible (si double partition A/B correctement implémentée par le fabricant EVSE)	Non décrite dans le document actuel	À AJOUTER : exigence de conformité — fabricant EVSE doit confirmer rollback OTA activé (double partition, auto-validation au premier démarrage) ; hors du code EMS lui-même et hors du mécanisme de verrouillage, mais condition d'intégration à documenter
10	Saisie erronée du calibre du disjoncteur principal via Bluetooth à l'installation	Erreur humaine à la mise en service (valeur incorrecte entrée)	Seuil I_critique et S*(t) calculés sur une base fausse — sous-protection ou sur-restriction	Élevée	Aucune validation de plausibilité décrite actuellement	À AJOUTER : liste fermée de valeurs standard acceptées (60/100/125/150/200 A, etc.), rejet des valeurs hors plage, confirmation obligatoire par l'électricien à la mise en service
11	Perte ou incohérence de la communication Bluetooth Master/Slave (configuration à deux EVSE)	Interférence RF, portée dépassée, panne d'un module Bluetooth	Répartition coordonnée du courant entre les deux véhicules perturbée ou perdue	Modérée à élevée	Non précisée dans le document actuel	À AJOUTER : repli automatique de chaque EVSE vers une régulation indépendante conservatrice (ex. division égale du courant disponible) en cas de perte de liaison Master/Slave, avec alerte
12 ⁑	Défaillance du point de jonction Y (borne desserrée, corrosion galvanique Cu/Al au	Serrage inadéquat à l'installation, cyclage thermique, incompatibilité de matériau	Point chaud, arc, risque d'incendie au point de dérivation	Élevée	Aucune surveillance automatique décrite	À AJOUTER : recommandation de vérification thermique périodique (caméra IR) à l'entretien ; hors périmètre logiciel EMS mais à documenter comme

	bloc de distribution)					risque résiduel de l'architecture Y-Split
13	Dérive ou absence de synchronisation horaire de l'horloge interne EMS	Pas de synchronisation NTP, pile de sauvegarde d'horloge défaillante	Horodatage incorrect des courriels d'alerte (Situation 3) — valeur probante compromise	Modérée	Non décrite actuellement	À AJOUTER : synchronisation NTP au démarrage et périodique ; en cas d'échec, horodatage de secours basé sur le compteur d'uptime EMS avec mention explicite « horloge non synchronisée » dans le courriel
14	Accès non autorisé ou falsification de la configuration EMS via la liaison Bluetooth de mise en service	Absence d'authentification/appairage sécurisé sur le canal de configuration	Modification non autorisée du calibre du disjoncteur principal ou des seuils	Élevée	Isolation architecturale OTA/télémétrie déjà décrite (§2098-2117), mais authentification du canal BLE de configuration non précisée	À AJOUTER : exigence d'appairage sécurisé (PIN, clé) pour toute modification de configuration via Bluetooth, journalisation de tout changement
15	Interversion des capteurs CT1/CT2/CT3 lors de l'installation	Erreur de câblage à la pose (CT véhicule et CT logement inversés)	Masque un dépassement réel du seuil critique ou déclenche un verrouillage injustifié	Élevée	Non décrite actuellement	À AJOUTER : test de cohérence à la mise en service (ex. solliciter volontairement une charge connue sur chaque CT et confirmer la correspondance attendue) avant mise en service définitive

Notes :

* *Les cotes de sévérité et d'occurrence indiquées sont des estimations qualitatives d'ingénierie (élevée / modérée / faible), non des données statistiques mesurées — à valider par les essais in situ déjà prévus (voir Note de transparence méthodologique). Cette analyse n'est pas exhaustive et devrait être révisée et complétée par les ingénieurs de recherche et développement avant toute mise en production, conformément à la même exigence d'essais in situ déjà formulée pour les autres paramètres illustratifs de la présente annexe.*

⁑ *Les modes 9 et 12 touchent des éléments hors du code EMS proprement dit (firmware EVSE tiers, matériel de jonction) — à documenter comme risques résiduels d'intégration plutôt que comme défauts du système EMS lui-même, cohérent avec la distinction déjà faite au mode 3 existant (cause installation vs cause véhicule). Le mode CT sans fil/MQTT (perte de signal, dégradation à 6 A) n'apparaît pas ici puisqu'il relève de l'Addendum 2, document séparé avec son propre DOI — à traiter dans l'AMDE de cet addendum, non dans celui-ci.*

C.2 — Ébauche des mécanismes de détection (modes 3 et 4)

Mode 3 — Défaut de l'installation EVSE (contacteur incohérent). À chaque cycle, l'EMS compare l'état commandé du contacteur interne à la lecture réelle de CT3 : si le contacteur est commandé ouvert (ex. pendant un verrouillage) mais que CT3 continue de mesurer un courant significatif, le contacteur est probablement resté collé fermé ; si le contacteur est commandé fermé et que le véhicule est en état C (demande de courant valide) mais que CT3 mesure un courant quasi nul pendant plus de deux cycles consécutifs (12 secondes), le contacteur ou la sortie de l'EVSE est probablement défaillante. Dans les deux cas, la cause « installation » est inscrite au courriel d'alerte, distincte de la cause « véhicule ».

Mode 4 — Lecture capteur incohérente (test de plausibilité). À chaque cycle, l'EMS vérifie que les valeurs de CT1, CT2 et CT3 demeurent physiquement plausibles : une valeur négative (physiquement impossible pour ces capteurs), ou une discontinuité d'une amplitude dépassant ce qu'aucune charge ou véhicule réel ne pourrait produire en un seul cycle (6 secondes) sans événement de branchement/débranchement correspondant, déclenche une alerte de cohérence capteur — distincte des causes « véhicule » et « installation ».

Ces deux mécanismes sont des ébauches illustratives, cohérentes avec les principes déjà établis dans le présent document (§ 4.2 et table de correspondance Fig. 4), mais n'ont pas été implémentés, ni validés dans la simulation vidéo actuelle. Leur spécification complète, leur calibration (seuils de discontinuité, durées d'observation) et leur validation demeurent un travail explicite à accomplir par les ingénieurs de recherche et développement, par des essais in situ, avant toute mise en production — conformément à la note de transparence méthodologique déjà énoncée pour tous les paramètres illustratifs et présentée à l'Annexe B.

Il importe de préciser que l'AMDE constitue une procédure d'ingénierie qu'il est nécessaire de conduire systématiquement pendant le développement du produit — bien en amont de toute mise en service — et non seulement un outil de diagnostic mobilisé lors d'un verrouillage pour identifier la cause à inclure dans les courriels d'alerte.

APPENDIX C (EN). FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS (FMEA)

C.1 — Preliminary Analysis

This preliminary analysis, structured per the FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) method, identifies failure modes recognized to date for the EVSE+EMS system, beyond the cases already treated in detail in Parts A and B of the algorithm (vehicle fault, dwelling short circuit).

#	Failure Mode	Potential Cause	Potential Effect	Severity *	Current Detection	Action / Status
1	Short circuit within the dwelling	Wiring fault, defective appliance	Very high current, fire risk	High	Near-instantaneous magnetic trip of the branch circuit breaker (ms)	Outside EMS scope — protection provided by the branch circuit breaker (see Scope Note, § B.1)
2	EV charge management system fault	Electronic/software failure of the vehicle	Self-induced excessive current, critical threshold exceeded	High	1 cycle (6 s) via CT3, comparison to critical threshold	Automatic lockout, master electrician report, dealership repair (§ B.3) — covered
3	EVSE installation fault itself (stuck contactor, failed EVSE sensor, firmware bug)	Hardware or software failure of the EVSE itself	Incorrect regulation even if the EV and dwelling are normal	High	Not explicitly distinguished from the “EV fault” case in the current version	TO ADD: the master electrician report should distinguish installation cause vs. vehicle cause; installation repair required before any unlock if the EVSE itself is the cause
4	Current sensor failure (CT1, CT2, or CT3)	Sensor disconnected, damaged, or calibration drift	Erroneous reading (e.g., 0 A while actual current is high) — risk of masking a real hazard	High (can mask a real overload)	No redundancy or self-test currently described	TO ADD: periodic plausibility self-test (out-of-physical-range value triggers a distinct sensor alert)
5	Restart after a power outage during lockout	Utility service outage followed by restoration	Risk of restarting unlocked by default, bypassing the protection	High if restarting unlocked	Not currently specified	TO ADD: lockout state should be retained in non-volatile memory and restored on restart (fail-safe)
6	Repeated lockouts	EV reconnected without repair despite the warning	Repeated unlock/relock cycles, excessive wear on the contactor	Moderate	Each occurrence detected individually, no cumulative counter	TO ADD: lockout counter over a time window (e.g., 3 within 24 h) triggering an escalated alert
7	Persistent D/E/F states	Vehicle fault or Control Pilot link fault	Charging suspended for an indeterminat	Low to moderate	Continuous monitoring (Algorithm, Part A-6)	Partially covered — no maximum duration before escalation to

			e duration if the state persists			Situation 3; TO CLARIFY
8	Alert email delivery failure	Internet/Wi-Fi outage upon a lockout event	Lockout takes effect, but the master electrician and building managemen t are not notified	High (failure of the safety function itself)	No delivery confirmation or retry currently described	TO ADD: automatic retry + timestamped local logging, accessible even without a connection
9 ⁑	Interruption of an EVSE firmware OTA update by a mains power outage	Incidental grid power failure (independent of an EMS lockout — a lockout only interrupts current delivered to the EV via the bipolar contactor, without cutting the EVSE's own power supply)	Incomplete update	Low (if A/B dual-partition scheme correctly implemented by the EVSE manufacturer)	Not described in the current document	TO ADD: compliance requirement — EVSE manufacturer must confirm OTA rollback is enabled (dual partition, first-boot self-validation); outside the EMS code itself and outside the lockout mechanism, but an integration condition to document
10	Incorrect main breaker rating entered via Bluetooth at installation	Human error during commissioning (wrong value entered)	I_critical threshold and S*(t) calculated on a false basis — under-protection or over-restriction	High	No plausibility validation currently described	TO ADD: closed list of accepted standard values (60/100/125/150/20 0 A, etc.), rejection of out-of-range values, mandatory confirmation by the electrician at commissioning
11	Loss or inconsistenc y of Master/Slav e Bluetooth communicati on (two-EVSE configuration)	RF interference, range exceeded, Bluetooth module failure	Coordinated current distribution between the two vehicles disrupted or lost	Moderate to high	Not specified in the current document	TO ADD: automatic fallback of each EVSE to conservative independent regulation (e.g., equal split of available current) upon loss of the Master/Slave link, with alert
12 ⁑	Failure of the Y junction point (loose terminal, Cu/Al galvanic corrosion at the distribution block)	Inadequate tightening at installation, thermal cycling, material incompatibility	Hot spot, arcing, fire risk at the derivation point	High	No automatic monitoring described	TO ADD: recommendation for periodic thermal inspection (IR camera) during maintenance; outside the EMS software scope but to be documented as a residual risk of the Y-Split architecture

13	Drift or absence of time synchronization of the internal EMS clock	No NTP synchronization, failed clock backup battery	Incorrect timestamping of alert emails (Situation 3) — evidentiary value compromised	Moderate	Not currently described	TO ADD: NTP synchronization at startup and periodically; on failure, fallback timestamp based on the EMS uptime counter with an explicit "clock not synchronized" note in the email
14	Unauthorized access or tampering with EMS configuration via the commissioning Bluetooth link	Absence of secure authentication/pairing on the configuration channel	Unauthorized modification of the main breaker rating or thresholds	High	Architectural isolation of OTA/telemetry already described (§2098-2117), but authentication of the BLE configuration channel not specified	TO ADD: requirement for secure pairing (PIN, key) for any configuration change via Bluetooth, logging of every change
15	Swapping of CT1/CT2/CT3 sensors during installation	Wiring error at installation (vehicle CT and dwelling CT reversed)	Masks an actual overshoot of the critical threshold or triggers an unjustified lockout	High	Not currently described	TO ADD: consistency test at commissioning (e.g., deliberately apply a known load to each CT and confirm the expected correspondence) before final commissioning

Notes:

* *The severity and occurrence ratings shown are qualitative engineering estimates (high / moderate / low), not measured statistical data — to be validated through the in-situ testing already planned (see Methodological Transparency Note). This analysis is not exhaustive and should be reviewed and completed by research and development engineers before any production deployment, consistent with the same in-situ testing requirement already stated for the other illustrative parameters in this appendix.*

⁑ *Modes 9 and 12 involve elements outside the EMS code proper (third-party EVSE firmware, junction hardware) — to be documented as integration residual risks rather than as EMS system defects, consistent with the distinction already made in existing mode 3 (installation cause vs. vehicle cause). The wireless CT/MQTT mode (signal loss, degradation to 6 A) does not appear here since it falls under Addendum 2, a separate document with its own DOI — to be addressed in that addendum's FMEA, not this one.*

C.2 — Draft of Detection Mechanisms (Modes 3 and 4)

Mode 3 — EVSE Installation Fault (Inconsistent Contactor). At each cycle, the EMS compares the commanded state of the internal contactor to the actual CT3 reading: if the contactor is commanded open (e.g., during a lockout) but CT3 continues to measure significant current, the contactor has likely remained stuck closed; if the contactor is commanded closed and the vehicle is in state C (valid current request) but CT3 measures near-zero current for more than two consecutive cycles (12 seconds), the contactor or the EVSE output has likely failed. In either case, the “installation” cause is recorded in the alert email, distinct from the “vehicle” cause.

Mode 4 — Inconsistent Sensor Reading (Plausibility Test). At each cycle, the EMS verifies that the CT1, CT2, and CT3 values remain physically plausible: a negative value (physically impossible for these sensors), or a discontinuity of a magnitude exceeding what any real load or vehicle could produce within a single cycle (6 seconds) without a corresponding connect/disconnect event, triggers a sensor-consistency alert — distinct from the “vehicle” and “installation” causes.

Both mechanisms are illustrative drafts, consistent with the principles already established in this document (§ 4.2 and Fig. 4 lookup table) but have not been implemented or validated in the current video simulation. Their complete specification, calibration (discontinuity thresholds, observation durations), and validation remain explicit work to be carried out by research and development engineers, through in-situ testing, before any production deployment — consistent with the methodological transparency note already stated for all illustrative parameters, and presented in Appendix B.

It should be clarified that FMEA constitutes an engineering procedure that should be conducted systematically during product development — well upstream of any commissioning — and not merely a diagnostic tool invoked upon a lockout event to identify the cause to be included in the alert emails.